Contributions to Entomology 75 (2) 2025, 319–338 | DOI 10.3897/contrib.entomol.75.e164168

CONTRIBUTIONS TO ENTOMOLOGY

SENCKENBERG

Review Article

Zur Biologie, Historie und forstwirtschaftlichen Rolle des Ambrosiakäfers *Platypus cylindrus* (Fabricius, 1792), bekannt als Eichenkernkäfer (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae)

On the biology, history and forestry-related role of the ambrosia beetle *Platypus cylindrus* (Fabricius, 1792), commonly known as the oak pinhole borer (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae)

Marcel Hugo Decker[1], Peter H. W. Biedermann[1]

1 *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fohrenbühl 27, 79252 Stegen-Wittental, Germany*

https://zoobank.org/BBBF7177-C5AC-4707-923C-ADE6CB4A849E

Corresponding author: Marcel Hugo Decker (marcel.hugo.decker@forento.uni-freiburg.de)

Academic editor: Vinicius S. Ferreira | Received 4 July 2025 | Accepted 6 November 2025 | Published 26 November 2025

Zusammenfassung

Der Eichenkernkäfer, *Platypus cylindrus* (Fabricius, 1792), ist eng an die Gattung Eiche (*Quercus* spp.) gebunden, deren Arten ökologisch, kulturell und wirtschaftlich von großer Bedeutung sind. Er ist ein tief in das Xylem eindringender Ambrosiakäfer, der sich primär von seinen mutualistischen Nahrungspilzen ernährt. Nach Jahrzehnten, in denen der Eichenkernkäfer in Deutschland kaum beachtet wurde, wird sein Vorkommen seit einigen Jahren wieder vermehrt beobachtet, vor allem an frisch gefällten oder lagernden Eichenstämmen während seiner Flugzeit von Mitte Juni bis September. Dies kann zu einer erheblichen technischen Entwertung des betroffenen Eichenholzes führen. Durch den Klimawandel, insbesondere infolge der zunehmenden Schwächung von Eichenbeständen durch Hitze- und Trockenstress sowie andere Schadinsekten gewinnt er wieder an forstwirtschaftlicher Bedeutung. Deshalb fasst dieses Review den aktuellen Kenntnisstand zur Taxonomie, Biologie, Lebensweise, Symbiose und forstlichen Bedeutung von *P. cylindrus* zusammen, beleuchtet historische Gradationen und analysiert, wie Klimawandel und weitere Schadinsekten dessen Rolle als potenzieller Schadorganismus verstärken. Basierend auf einer umfassenden Literaturrecherche und der Analyse historischer Quellen wurde der Kenntnisstand systematisch aufbereitet. Ergänzend wurden eigene hochauflösende Bildaufnahmen zur detaillierten morphologischen Darstellung von *P. cylindrus* erstellt sowie die Geschichte und Lebensweise der Ambrosiakäfer aufgearbeitet. Neben der Biologie und Symbiose wurden historische Gradationen dokumentiert, die bereits im 20. Jahrhundert zu massiven technischen Entwertungen von Eichenstämmen führten. Solche Schäden stellen bis heute eine große Herausforderung für Forstwirtschaft und Sägewerksindustrie dar, da befallenes Holz seine Nutzbarkeit verliert. Der Klimawandel verändert Flugzeiten und schwächt Wirtsbäume, wodurch *P. cylindrus* verstärkt Chancen zur Besiedlung vorgeschädigter oder absterbender Eichen erhält.

Platypus cylindrus kann mehrere Laubbaumarten besiedeln, auch wenn er eine klare Präferenz für die Gattung *Quercus* hat. *P. cylindrus* stellt aufgrund seiner engen Pilzsymbiosen und seines sich möglicherweise erweiternden Wirtsspektrums ein wertvolles Modellsystem für Insekt-Pilz-Wechselwirkungen dar, gleichzeitig aber auch ein potenzielles Risiko für die Forstwirtschaft. Eine integrierte Betrachtung seiner Biologie, seiner Rolle als Indikator für klimabedingte Stressphasen in Wäldern sowie seiner wirtschaftlichen Bedeutung ist erforderlich, um fundierte Strategien zum Schutz und Erhalt von Eichenwäldern zu entwickeln.

Abstract

The oak pinhole borer, *Platypus cylindrus* (Fabricius, 1792), is closely associated with the genus *Quercus*, whose species are of considerable ecological, cultural, and economic importance. It is an ambrosia beetle that penetrates deeply into the xylem and primarily feeds on its mutualistic nutritional fungi. After decades of little attention in Germany, its occurrence has been increasingly observed again in recent years, especially on freshly felled or stored oak logs during its flight period from mid-June to September, leading to technical

Copyright *Marcel Hugo Decker & Peter H. W. Biedermann*. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

devaluation of the wood. Due to climate change, particularly the resulting weakening of oak stands from heat and drought stress as well as other insect pests, *P. cylindrus* is regaining relevance to forestry. Therefore, this review summarizes the current state of knowledge on the taxonomy, biology, ecology, symbiosis, and relevance of *P. cylindrus* to forestry, highlights historical outbreaks, and analyzes how climate change and other insect pests reinforce its role as a potentially significant forest pest. Based on an extensive literature review and the analysis of historical sources, the knowledge was systematically compiled. Additionally, high-resolution images were produced for a detailed morphological representation of *P. cylindrus* and the history and biology of ambrosia beetles were reviewed. In addition to biology and symbiosis, historical outbreaks were documented that already led to massive technical devaluation of oak logs in the 20th century.

Such damage still poses a major challenge for forestry and the sawmill industry today, as infested wood loses its usability. Climate change alters flight periods and weakens host trees, providing *P. cylindrus* with increasing opportunities to colonize weakened or dying oaks. *P. cylindrus* can colonize several deciduous tree species, although it continues to show a clear preference for the genus *Quercus*. *Platypus cylindrus* represents a valuable model system for insect-fungus interactions due to its close fungal symbioses and potentially expanding host range, but at the same time also a potential risk for forestry. An integrated consideration of its biology, its role as an indicator of climate-related stress phases in forests and its economic significance is necessary to develop sound strategies for the protection and conservation of oak forests.

Schlüsselwörter

Ambrosiakäfer, Ambrosiapilze, *Colydium elongatum*, Eiche, Eichenschädling, Eichenkernkäfer, Eichensterben, Fabricius, Forstschutz, Freiburg, Holzlagerung, Josef Schmidberger, Klimawandel, Mutualismus, Platypodinae, *Platypus cylindrus*, Spätschwärmer, Technische Holzentwertung, Waldmanagement, Waldschutz

Key Words

ambrosia beetle, ambrosia fungi, *Colydium elongatum*, climate change, Fabricius, Freiburg, forest management, forest protection, Josef Schmidberger, late flyer, mutualism, oak, oak decline, oak pest, oak pinhole borer, Platypodinae, *Platypus cylindrus*, technical wood devaluation, timber storage

Einleitung

Der Eichenkernkäfer, *Platypus cylindrus* (Fabricius, 1792), ist ein Ambrosiakäfer mit auf Laubbäume spezialisierten Nahrungspilzen (Decker et al. 2025), dessen deutscher Name bereits auf seine enge Assoziation mit der Gattung *Quercus* verweist. Seit der Antike besitzt die Eiche kulturelle, ökonomische und ökologische Bedeutung. Bereits im alten Rom galt sie gemeinsam mit der Palme als Symbol des goldenen Zeitalters und wurde vielfältig genutzt. Etwa zur Schweinemast, wobei Eicheln als Nahrungsquelle dienten (Erlbeck et al. 2002). Auch heute noch ist Eichenholz stark nachgefragt, insbesondere im Möbel- und Innenausbau (FNR 2023) sowie für Fässer und Verschlusskorken in der Weinproduktion (Karbowiak et al. 2009).

Angesichts dieser Nutzungsformen überrascht es kaum, dass die Eiche bis heute im forstwissenschaftlichen Diskurs als Baumart mit besonders hohem gesellschaftlichem, wirtschaftlichem und ökologischem Wert betrachtet wird. Ihr langfristiges Nutzungspotenzial, ihre Bedeutung für die Biodiversität sowie ihre Rolle im hochwertigen Laubholzmarkt verleihen ihr eine Schlüsselstellung im Konzept einer multifunktionalen, nachhaltigen Forstwirtschaft (Mölder et al. 2019). Zudem setzen forstliche Strategien je nach Standort gezielt auf bestimmte Eichenarten als klimastabile Baumarten. Dabei gelten insbesondere die Traubeneiche (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) und die Stieleiche (*Quercus robur* L.) als bereits etablierte Hauptbaumarten. Daneben rücken alternative Eichenarten wie die Flaumeiche (*Quercus pubescens* Willd.) oder die Zerreiche (*Quercus cerris* L.) zunehmend in den Fokus einer klimastabilen und zukunftsorientierten Baumartenwahl im Rahmen der zukünftigen Waldentwicklung (FVA 2021; Asbeck et al. 2022).

Auch zahlreiche Insektenarten haben eine enge ökologische Beziehung zur Eiche entwickelt, da sie durch deren frühere Rückkehr nach der Eiszeit gegenüber anderen Baumarten wie der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) einen zeitlichen Vorsprung für die Entwicklung von Wirtsspezialisierungen bot. Dadurch konnten sich besonders viele auf die Eiche angepasste Insektentaxa entwickeln (Bußler 2014).

Eichenkernkäfer sind Vertreter jener an die Eiche angepassten Käferarten, die zugleich als xylomycetophage Insekten in obligater Symbiose mit Pilzen leben. Diese Mutualismen ermöglichen es ihnen, das nährstoffarme Xylem als Lebensraum zu erschließen (Batra 1966; Beaver 1989; Kirkendall et al. 1997; Hulcr et al. 2015). *Platypus cylindrus* besiedelt bevorzugt Eichen und war in der Vergangenheit bereits Auslöser bemerkenswerter Gradationen (Strohmeyer 1906; Groschke 1952). Darüber hinaus gilt er als bedeutender Schädling der Korkeiche im Mittelmeerraum (Sousa und Débouzie 2002; Sousa und Inácio

2005; Belhoucine und Bouhraoua 2012). In der Vergangenheit wurde *P. cylindrus* in Deutschland kaum beachtet und weitgehend als unbedeutender Sekundärschädling eingestuft (Sohns 2023). Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2022) stellt jedoch fest, dass steigende Temperaturen, abnehmende Wasserverfügbarkeit und zunehmende Extremwetterlagen die Widerstandskraft heimischer Baumarten schwächen und die Anfälligkeit für Schadorganismen erhöhen. Jaworski & Hilszczański (2013) prognostizieren zudem, dass der Klimawandel die Verbreitung, den Entwicklungszyklus und die Aktivitätsperioden von Insekten beeinflussen kann. Bereits historische und aktuelle Quellen belegen, dass *P. cylindrus* nicht nur an der Gattung *Quercus*, sondern an mehreren Laubbaumarten vorkommt (Chapman 1870; Nördlinger 1884; Knotek 1896; Strohmeyer 1906; Cassier et al. 1996; FNR 2022). Vor dem Hintergrund veränderter Umweltbedingungen wie Trockenstress und steigender Temperaturen könnte sich das Wirtsspektrum von *P. cylindrus* erweitern und die Nutzung weiterer Laubbaumarten begünstigen.

Angesichts dieser, durch den Klimawandel induzierten, dynamischen Entwicklungen ist eine umfassende Auseinandersetzung mit der Biologie, Lebensweise und forstwirtschaftlichen Relevanz von *P. cylindrus* geboten. Die vorliegende Arbeit bereitet den aktuellen Kenntnisstand zu dieser Art systematisch auf und beleuchtet die Rolle von *P. cylindrus* im Kontext ökologischer Prozesse, klimatischer Veränderungen und historischer sowie aktueller forstlicher Handlungsstrategien.

Material und Methoden

Literaturrecherche

Für die Erstellung dieses Übersichtsartikels wurde eine zielgerichtete Literaturrecherche zur Biologie, Ökologie, dem Mutualismus sowie der forstlichen Relevanz von *P. cylindrus* durchgeführt. Die Recherche erfolgte im Zeitraum von Juni bis September 2023 in deutscher und englischer Sprache mit den Datenbanken: Google Scholar; Web of Science; die Zoologisch-Botanische Datenbank (https://www.zobodat.at); die Biodiversity Heritage Library (https://www.biodiversitylibrary.org); der Katalog der Universitätsbibliothek Freiburg (https://katalog.ub.uni-freiburg.de/opac/) sowie Google als ergänzende Suchmaschine.

Die Suche erfolgte anhand folgender Schlüsselwörter und deren Kombinationen:

„Platypus cylindrus“; „Eichenkernkäfer“, „Oak pinhole borer“, „Platypus“, „Platypodidae“, „Platypodinae“, „Ambrosiakäfer“, „ambrosia beetle“, „ambrosia fungi“, „ambrosia fungus“, „xylomycetophag“, „Insect-Fungus“, „Fungi“, „Raffaelea“, „Nahrungspilz“, „forest management“, „ecology“, „biology“, „distribution“, „Forstwirtschaft“.

Zusätzlich wurden Fernleihen der Universitätsbibliothek Freiburg sowie Archivbestände des Staatlichen Museums für Naturkunde Stuttgart konsultiert. Weiterhin stand die private Literatursammlung eines Autors (PHBW) zur Verfügung.

Ergänzend wurden Literaturverzeichnisse bereits identifizierter Publikationen sowie relevante Empfehlungen aus dem betreuenden wissenschaftlichen Umfeld für weitere Quellen herangezogen.

Es wurden wissenschaftliche Originalarbeiten (peer-reviewed und nicht peer-reviewed), Übersichtsarbeiten, Monographien, Fachberichte, Fachbücher, historische Quellen sowie einzelne qualifizierte Pressebeiträge und Zeitungsartikel von Wissenschaftsjournalisten berücksichtigt, sofern sie sich mit der Taxonomie, Biologie, Lebensweise, Verbreitung, Symbiose/Mutualismus sowie der ökologischen und forstwirtschaftlichen Bedeutung von *P. cylindrus* befassten. Literatur ohne thematischen Bezug oder mit unzureichender wissenschaftlicher Grundlage wurde ausgeschlossen. Die erfasste Literatur wurde thematisch in die Schwerpunkte Taxonomie, Biologie und Symbiose, Verbreitung, Interaktionen mit Umweltfaktoren sowie forstliche Relevanz gegliedert und qualitativ ausgewertet.

Bildmaterial

Zur Ergänzung der Darstellung wurden eigene hochauflösende Bildaufnahmen angefertigt. Lichtmikroskopische Aufnahmen erfolgten mit dem Keyence Digital Microscope System VH-S30B; rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen (REM) wurden am Zeiss DSM 940 A durchgeführt. Weitere Makro- und Übersichtsaufnahmen im Feld und Labor entstanden mit einer Canon EOS 500D (EFS 18–55 mm Objektiv).

Ergebnisse und Diskussion

Taxonomie und früheste Beschreibung

Der Eichenkernkäfer - *Platypus cylindrus* (Fabricius, 1792) - wurde erstmals 1792 von Johann Christian Fabricius in seiner „*Entomologiae systematicae*“ (T. I Pars II, S. 364) unter der Gattung *Bostrichus* (siehe Fig. 1) beschrieben. Johann Friedrich Wilhelm Herbst ordnete ihn dann 1793 der Gattung *Platypus* zu (Strohmeyer 1906). Taxonomisch gehört die Art zur Ordnung der Käfer (Coleoptera), zur Familie der Rüsselkäfer (Curculionidae) und zur Unterfamilie der Kernholzkäfer (Platypodinae) (Bright 2014; Vanderpool et al. 2018).

Domäne: Eukaryota (Eukaryoten)
Reich: Animalia (Tiere)
Stamm: Arthropoda (Gliederfüßer)
Klasse: Insecta (Insekten)
Ordnung: Coleoptera (Käfer)
Familie: Curculionidae (Rüsselkäfer)
Unterfamilie: Platypodinae (Kernkäfer)
Gattung: *Platypus*
Art: *Platypus cylindrus* (Eichenkernkäfer)

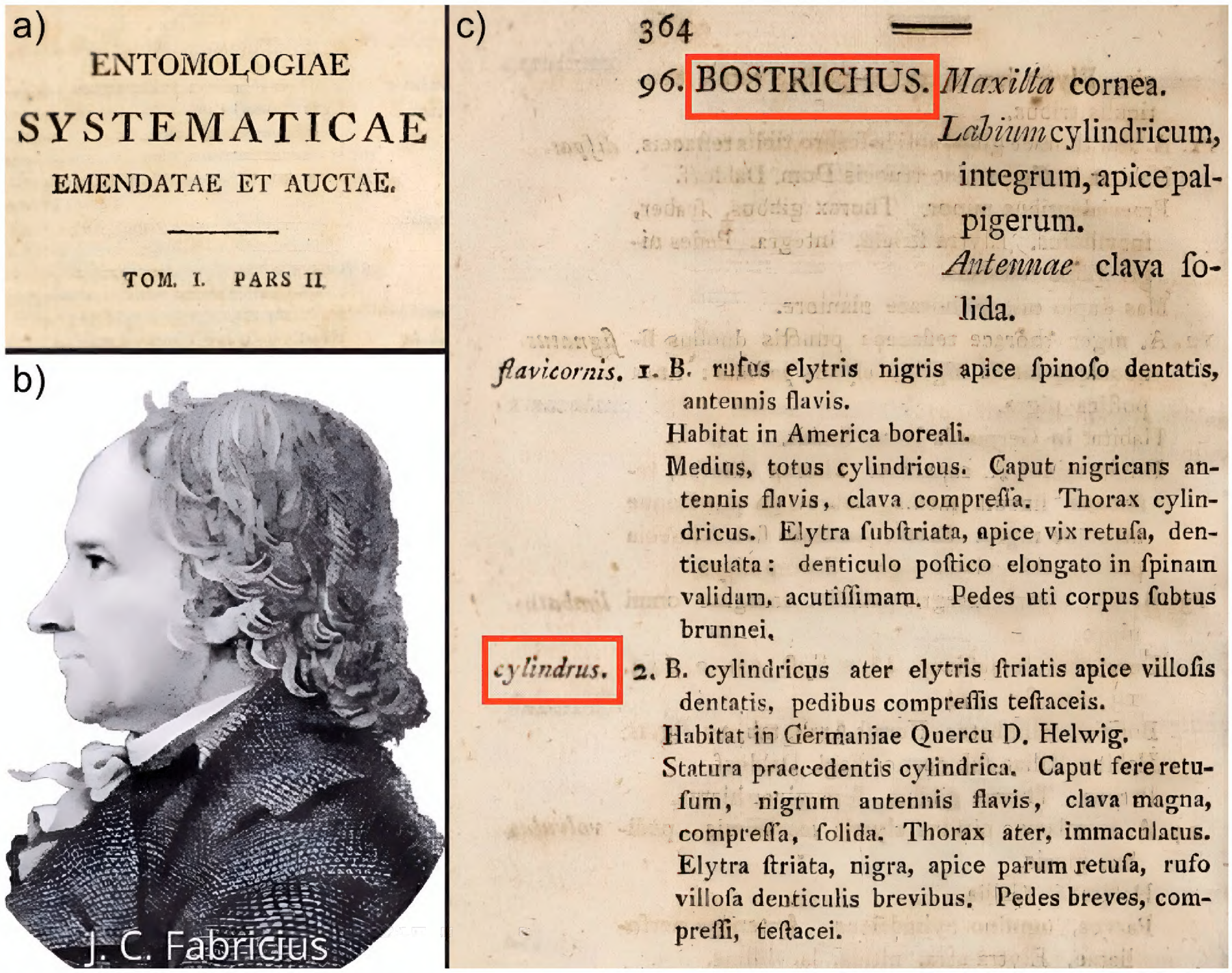

Figure 1. „Entomologiae systematicae" (T. I Pars II, S. 364) **a. c.** Auszug aus der „Entomologiae systematicae" (T. I Pars II, S. 364), modifiziert; **b.** Portrait von J. C. Fabricius, modifiziert nach Stich von G. L. Lahde (1805).

Weltweit umfasst die Unterfamilie der Platypodinae über 1.400 bekannte Arten, die überwiegend in tropischen und subtropischen Regionen verbreitet sind (Wood und Bright 1992). Die meisten dieser Arten sind Ambrosiakäfer, mit Ausnahme der holzfressenden Gattung *Schedlarius* S. L. Wood, 1957 und der phloemfressenden Gattung *Mecopelmus* M. W. Blackman, 1944 (Jordal 2014). In Südeuropa sind lediglich zwei Arten der Platypodinae vertreten: *P. cylindrus* und *Platypus oxyurus* Dufour. Letztere wurde erstmals 1843 von Léon Jean Marie Dufour beschrieben (Balachowsky 1949; Balachowsky et al. 1963). In Deutschland wurde *P. oxyurus* am 17. Juni 1986 erstmals mutmaßlich nachgewiesen, als zwei Männchen auf einem Holzplatz in Rothenburg (Hessischer Odenwald, 200 m ü. NN) beobachtet wurden (Böhme 1994). Sein typisches geographisches Verbreitungsgebiet beschränkt sich jedoch laut Balachowsky (1949) auf die Pyrenäen, die Türkei, Korsika, Kalabrien und Griechenland. Zudem ist seine Wirtspflanze auf die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) beschränkt, weshalb diese Art in dem vorliegenden Artikel nicht weiter behandelt wird. Strohmeyer (1906) berichtete zudem von einer Varietät namens *Platypus cylindriformis* Reitter, 1894, die in Deutschland gefunden worden sein soll. Diese Varietät fand jedoch in späteren Studien zum Eichenkernkäfer keine weitere Beachtung. Bislang liegen für *P. cylindrus* in Deutschland keine populationsgenetischen Untersuchungen vor, die Aufschluss über das mögliche Vorhandensein kryptischer Arten geben könnten.

Morphologie der Imagines von *Platypus cylindrus*

Der adulte Eichenkernkäfer zeichnet sich im Vergleich zur übrigen autochthonen Coleopterenfauna durch seine besonderen zylindrischen Proportionen aus (siehe Fig. 2), die ihn unter den heimischen Käfern eindeutig erkennbar machen (Groschke 1952).

Der Käfer ist dunkelbraun gefärbt, sein Körper ist schmalzylindrisch und langgestreckt. Die Körperlänge beträgt 5 - 6 mm bei einer Breite von etwa 1.5 mm. Besonders auffällig ist das unverhältnismäßig lange Pronotum im Verhältnis zum vergleichsweise kurzen Caput (siehe Fig. 3), der zusammen mit den Komplexaugen in der Breite über den Thorax hinausragt (Groschke 1952; FNR 2022).

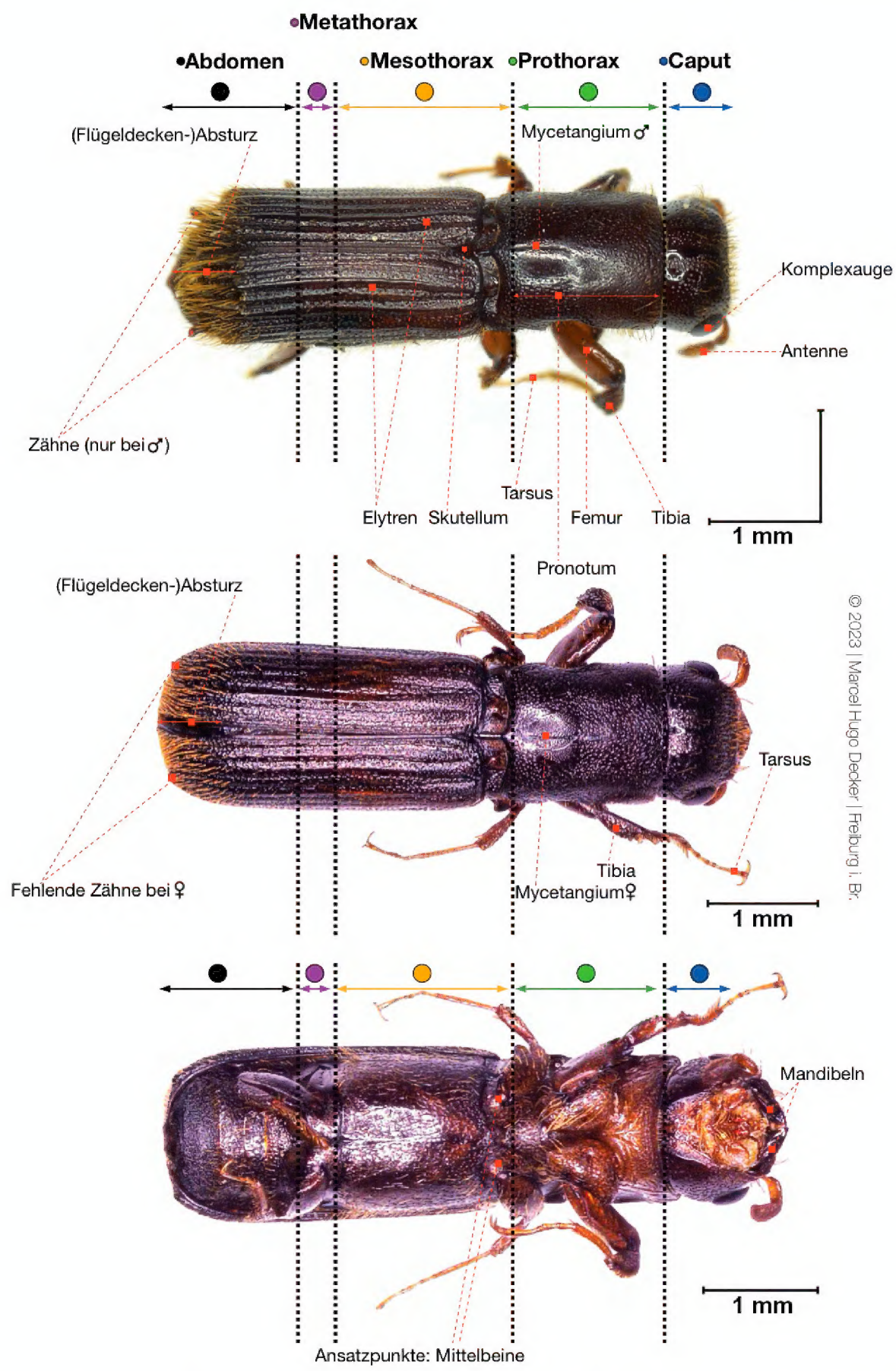

Figure 2. Dorsale und ventrale Annotationen der Anatomie von *P. cylindrus*. Männlich - dorsale Sicht (oben); weiblich - dorsale Sicht (mittig); weiblich - ventrale Sicht (unten) (Abbildung: M. H. Decker).

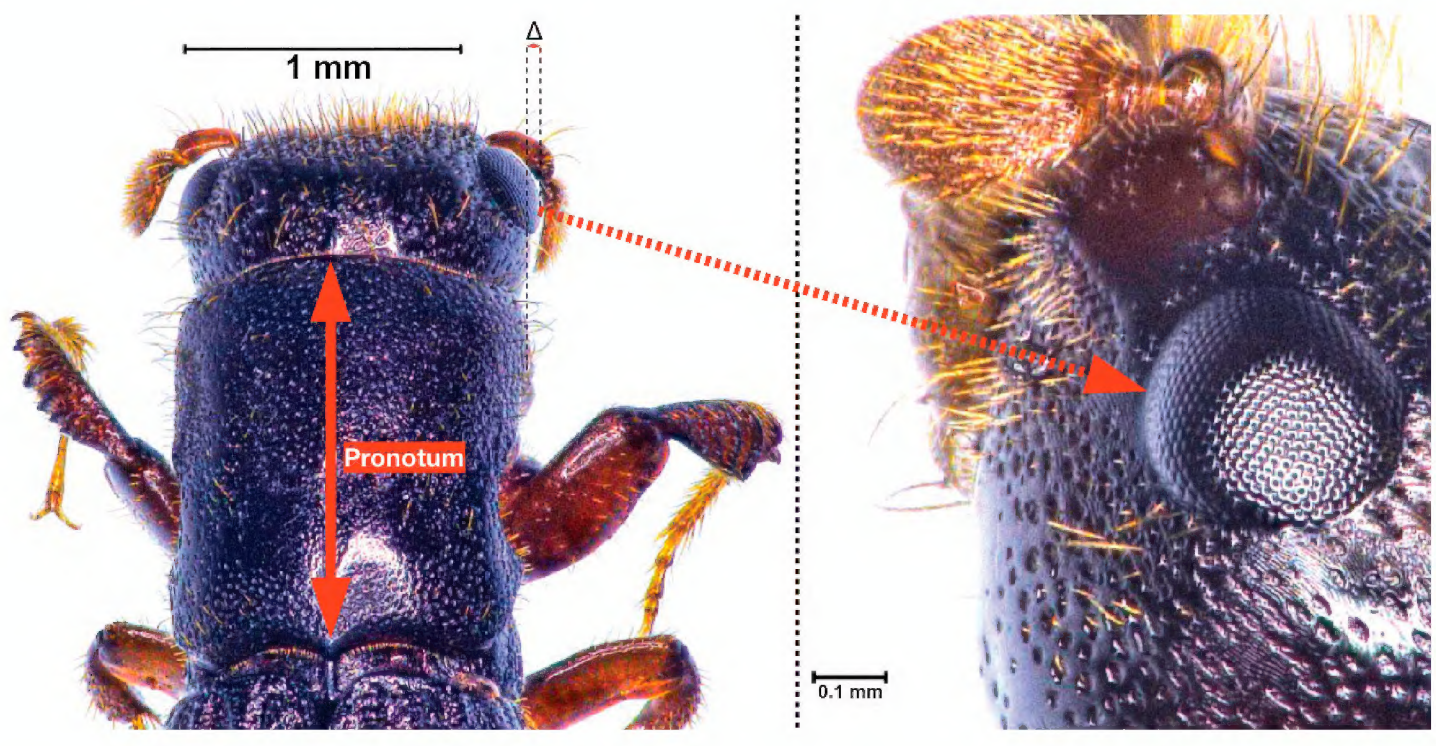

Figure 3. Pronotum und Komplexauge von *P. cylindrus* (Abbildung: M. H. Decker).

Platypus cylindrus besitzt einen deutlichen Geschlechtsdimorphismus (Strohmeyer 1906; Groschke 1952; Husson 1955). Die markantesten Unterschiede zeigen sich am Flügeldeckenabsturz der männlichen Imagines, der zwei ungleiche „Zähnchen" aufweist, die beim Weibchen fehlen (siehe Fig. 4). Beim Männchen ist der Flügeldeckenabsturz stark nach außen gewölbt, ähnlich einer Halbkugel und weist mittig an der Spitze ein kleines, unauffälliges Höckerchen auf. Im Gegensatz dazu fällt der Absturz beim Weibchen steil ab und ist frei von solchen Strukturen.

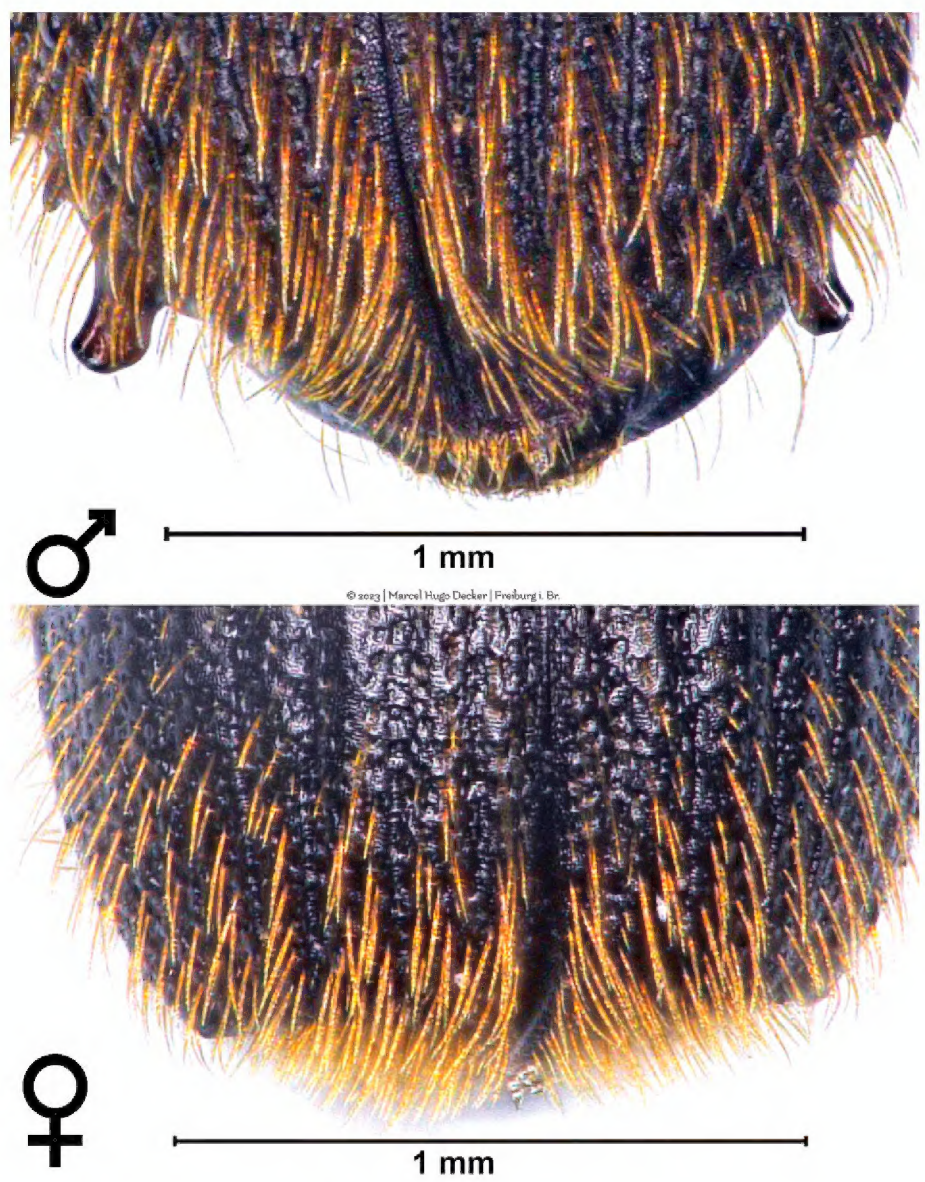

Figure 4. Sexualdimorphismus am Flügeldeckenabsturz von *P. cylindrus*. (Abbildung: M. H. Decker).

Darüber hinaus sind die Mundwerkzeuge der Weibchen deutlich kräftiger ausgebildet als die der Männchen (siehe Fig. 5), was eine funktionale Anpassung an deren Lebensweise darstellt. Die zweckbegründete Differenzierung rührt wahrscheinlich von der erhöhten Grabtätigkeit der weiblichen Imagines im Vergleich zu den Männchen (Groschke 1952). Der Eichenkernkäfer weist zudem eine goldgelbe Behaarung (siehe Figs 2–5) am Körper auf (Inácio et al. 2012).

Lebensweise (Phänologie; Ontogenese) des Eichenkernkäfers

Flugzeiten

Platypus cylindrus ist in Deutschland einer der letzten Spätschwärmer. Nach der gängigen Literatur erstreckt sich die Flugzeit von Juli bis September (Groschke 1952; FNR 2022). Andere Autoren beobachteten Flüge an warmen Junitagen im Südosten Englands, die bis in den September andauerten (Baker 1963), während in Deutschland erste Flüge gegen Ende Juni verzeichnet wurden (Strohmeyer 1907). Im Süden Deutschlands (Freiburg im Breisgau) beobachteten wir bei eigenen Forschungen im Jahr 2023 und 2025 bereits Mitte Juni die ersten Flüge. Die höchste Flugaktivität findet in Deutschland von Anfang bis Mitte Juli statt und hält für zwei bis drei Wochen an. Anschließend nimmt die Aktivität bis Ende September stetig ab (Groschke 1952). In wärmeren Regionen Südeuropas, wie Portugal, finden diese Flüge typischerweise von Mai bis Oktober statt (Sousa 1996). Zudem wurde dort das sporadische Auftreten geschlechtsreifer Käfer über das gesamte Jahr hinweg dokumentiert. Die erfolgreiche Ansiedlung und Fortpflanzung erfolgt jedoch vermutlich nur von Frühjahr bis Herbst (Sousa und Inácio 2005; Inácio et al. 2012).

Wirtsfindung und -präferenzen

Die initiale Wirtsfindung und Ansiedlung geht vor allem vom Männchen aus (Groschke 1952; Baker 1963; Algarvio et al. 2002; Barata et al. 2002). Die Mechanismen der Wirtsauswahl sind noch nicht vollständig geklärt, könnten jedoch komplexe Stimuli umfassen. Wahrscheinlich spielen olfaktorische Reize, wie flüchtige organische Verbindungen (z. B. Ethanol und Terpene), eine wichtige Rolle (Shore und McLean 1983). Eine der ältesten Literaturquellen berichtet, dass *P. cylindrus* bevorzugt Eichenstümpfe, teilweise auch Buchen, insbesondere an steilen Hängen mit günstigen Feuchtigkeits- und Drainageverhältnissen als geeignete Wirte aufsucht. Dabei können in verschiedenen Jahren unterschiedliche Bereiche desselben Stumpfes befallen werden, sobald diese die jeweils passende Holzbeschaffenheit aufweisen (Chapman 1870). Konvergierend hierzu wurden Präferenzen in Bezug auf physiologische und chemische Eigenschaften der Wirtsbäume, wie Holzfeuchte, Blattzusammensetzung, osmotischer Druck und Saftstrom, auch von anderen Autoren festgestellt (Sousa et al. 1995; Inácio et al. 2012). Darüber hinaus könnte auch die Baumdimension bei der Wirtswahl von Platypodinae eine Rolle spielen, wie Untersuchungen an *Platypus quercivorus* Mur. zeigten (Yamasaki und Futai 2008).

Windkanalversuche mit *P. cylindrus* lieferten Hinweise darauf, dass das Männchen Aggregationspheromone absondert, die zur Anlockung von Artgenossen dienen könnten. Zu den identifizierten Bestandteilen gehörten Hexan-1-ol, 6-Methyl-5-Hepten-2-on und 6-Methyl-5-Hepten-2-ol. Diese Pheromone locken sowohl Männchen als auch Weibchen an. Zudem könnte der Wirtsbaum Kairomone abgeben, die in Kombination mit den Pheromonen bei der Wirtsbaumsuche relevant sind (Algarvio et al. 2002; Barata et al. 2002).

Trotz dieser Erkenntnisse bleibt die Attraktion zwischen Wirtsbaum und Eichenkernkäfer bis heute nicht vollständig verstanden (Sousa und Inácio 2005).

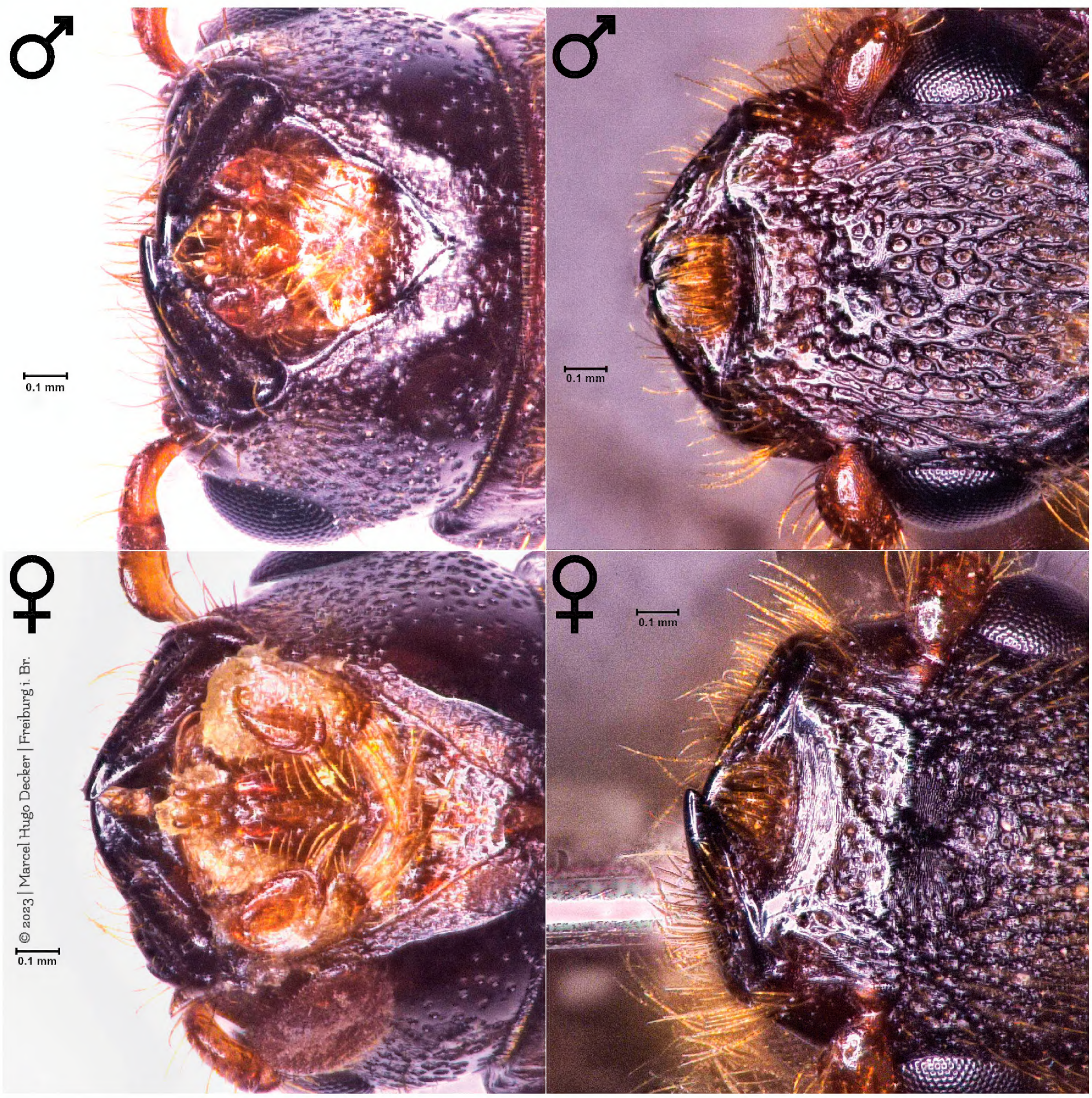

Figure 5. Mundwerkzeuge (männlich/weiblich) von *P. cylindrus*. Vergleich der Mundwerkzeuge von *P. cylindrus*, oben männlich, unten weiblich. (Abbildung: M. H. Decker).

Reproduktionsverhalten und Ontogenese

Nach der Wirtswahl bohrt sich das Männchen etwa 1 bis 1.5 cm tief in das Holz ein und wartet auf ein Weibchen (Groschke 1952). Das Weibchen nähert sich dem Tunnel zunächst scheinbar zufällig, bis es etwa 10 bis 15 cm vom Eingang entfernt ist. Ab da bewegt es sich gezielt zum Tunneleingang und führt die vom Männchen begonnene Bohrung fort. Das Weibchen wird jedoch erst vom Männchen akzeptiert, wenn dessen Gang ausreichend lang ist, um beide Käfer aufzunehmen (Baker 1963). Während der Besiedlung sind oft Zirptöne zu hören, die vom Lautapparat der Männchen stammen. Das Nichtfunktionieren des Lautapparats bei Weibchen wird als Verlusterscheinung interpretiert. Zwar besitzen Weibchen anatomisch die gleichen Strukturen wie Männchen und führen auch die lauterzeugenden Bewegungen aus, jedoch ist das letzte Rückenschild (Tergit) bei Weibchen konkav eingedrückt, sodass die Reibplatte der Flügeldecken und das Tergit nicht in Kontakt kommen und keine Töne entstehen. Dies deutet darauf hin, dass der Lautapparat bei Weibchen im Laufe der Evolution seine Funktion verloren hat, obwohl die Bewegung beibehalten wurde. Diese Töne dienen vermutlich zur Abschreckung anderer Männchen und nicht zur Anlockung von Weibchen (Groschke 1952). Nach der Akzeptanz des Weibchens durch das Männchen, verlassen beide zunächst den kurzen Gang und begeben sich nach außen (Groschke 1952). Das darauffolgende Paarungsgeschehen auf der Oberfläche der Rinde erfolgt nur einmal während der Lebenszeit der Käfer, die zwei

bis drei Jahre beträgt (Strohmeyer 1906). Die Spermien werden in der Spermathek des Weibchens gespeichert und bleiben dort über Jahre hinweg funktionsfähig (Baker 1963). Anschließend erweitert das Weibchen die vom Männchen gegrabene Eingangskammer mithilfe seiner kräftigen Mundwerkzeuge zu einem verzweigten Gangsystem (siehe Fig. 7), das sehr komplex werden kann (Strohmeyer 1906; Groschke 1952; Hickin 1963). Beim Bohren der Gänge beimpfen die Käfer diese mit den mitgebrachten Ambrosiapilzen (Inácio et al. 2012).

Nach einigen Tagen, wenn der Gang vier (Groschke 1952) bis 15 (Baker 1963) Zentimeter lang ist, legt das Weibchen die ersten Eier ab, entweder einzeln oder in kleinen Gruppen. Die Eiablage erfolgt unregelmäßig (Groschke 1952; Hickin 1963) im Spätsommer über einen Zeitraum von acht Wochen und nach einer Winterpause erneut im Frühjahr (Hickin 1963). Dennoch finden sich Hinweise in der Literatur, dass eine Eiablage auch das ganze Jahr über sporadisch stattfinden kann (Groschke 1952; Baker 1963). In den vier Ovarien des Weibchens reifen mit zunehmendem Alter mehr Oozyten, wodurch unter günstigen Bedingungen die Anzahl der abgelegten Eier mit dem Alter zunimmt (Baker 1963). Insgesamt produziert ein Weibchen in zwei Jahren etwa 150 bis 200 Eier (Sousa und Débouzie 2002). Parallel zur Eiablage erweitert das Weibchen das Gangsystem (Strohmeyer 1907).

Das Männchen ist nicht weiter am Bau der Galerie beteiligt. Es verbleibt in den proximalen Teilen der Gänge und befördert das Sägemehl immer weiter nach draußen (Baker 1963) ohne Eier auszustoßen (Strohmeyer 1907) und verschließt zu deren Schutz während der Entwicklung der Larven den Eingang zu den Galerien (Inácio et al. 2012). Die Muttergänge verlaufen radial nach innen, bis sich das Weibchen dem Übergang zwischen Splint- und Kernholz nähert. Anschließend folgt es einem gewundenen Verlauf (Baker 1963). Dabei entstehen unverzweigte Gänge von wenigen Zentimetern Länge bis hin zu verzweigten Gangsystemen (siehe Fig. 7), die bis zu 180 cm Gesamtlänge erreichen können (Hickin 1963). Die durchschnittliche Breite der Gänge beträgt 2 mm (siehe Fig. 6).

Die strukturelle Heterogenität der Gänge wird auf verschiedene Faktoren wie Umweltbedingungen, Eigenschaften des Wirtsbaums, die verfügbare Pilznahrung und die Anzahl der Nachkommen zurückgeführt (Baker 1963).

Zwei bis sechs Wochen nach der Eiablage schlüpfen die Larven (Strohmeyer 1906; Baker 1963). Sie durchlaufen vier bis fünf Larvenstadien (Baker 1963), wobei die Literatur keine einheitlichen Angaben dazu macht (Strohmeyer 1907). Nach etwa vier Wochen erreichen die Larven ihr finales Stadium (siehe Fig. 8). In diesem verweilen sie am längsten, wobei ihr Gewicht auf das Fünffache zunimmt, ohne dass sich die Kopfkapsel (Caput) weiter vergrößert (Baker 1963). Ein markantes Merkmal dieses Stadiums ist das

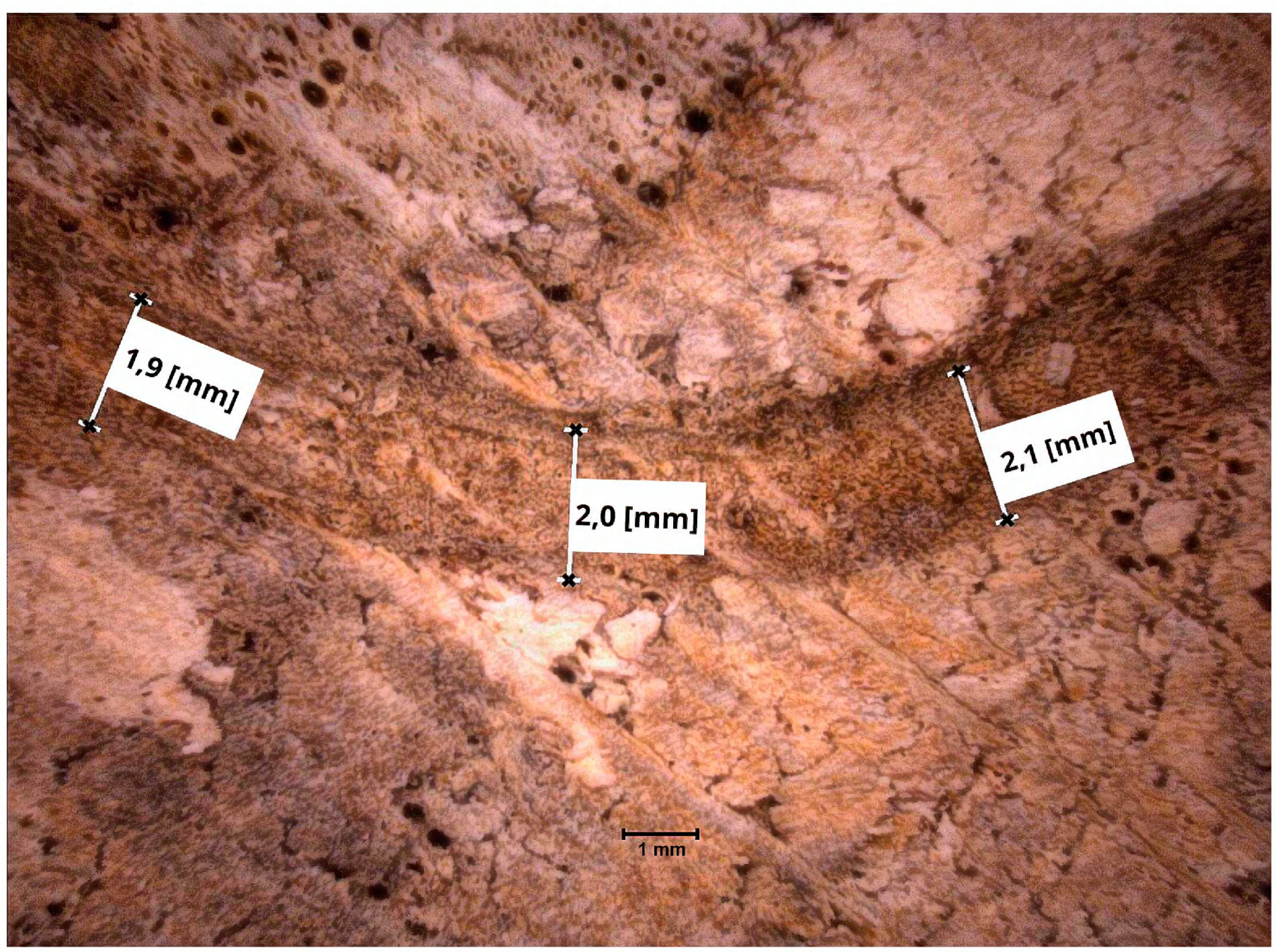

Figure 6. Gangdurchmesser von *P. cylindrus* in *Q. robur* (Abbildung: M. H. Decker).

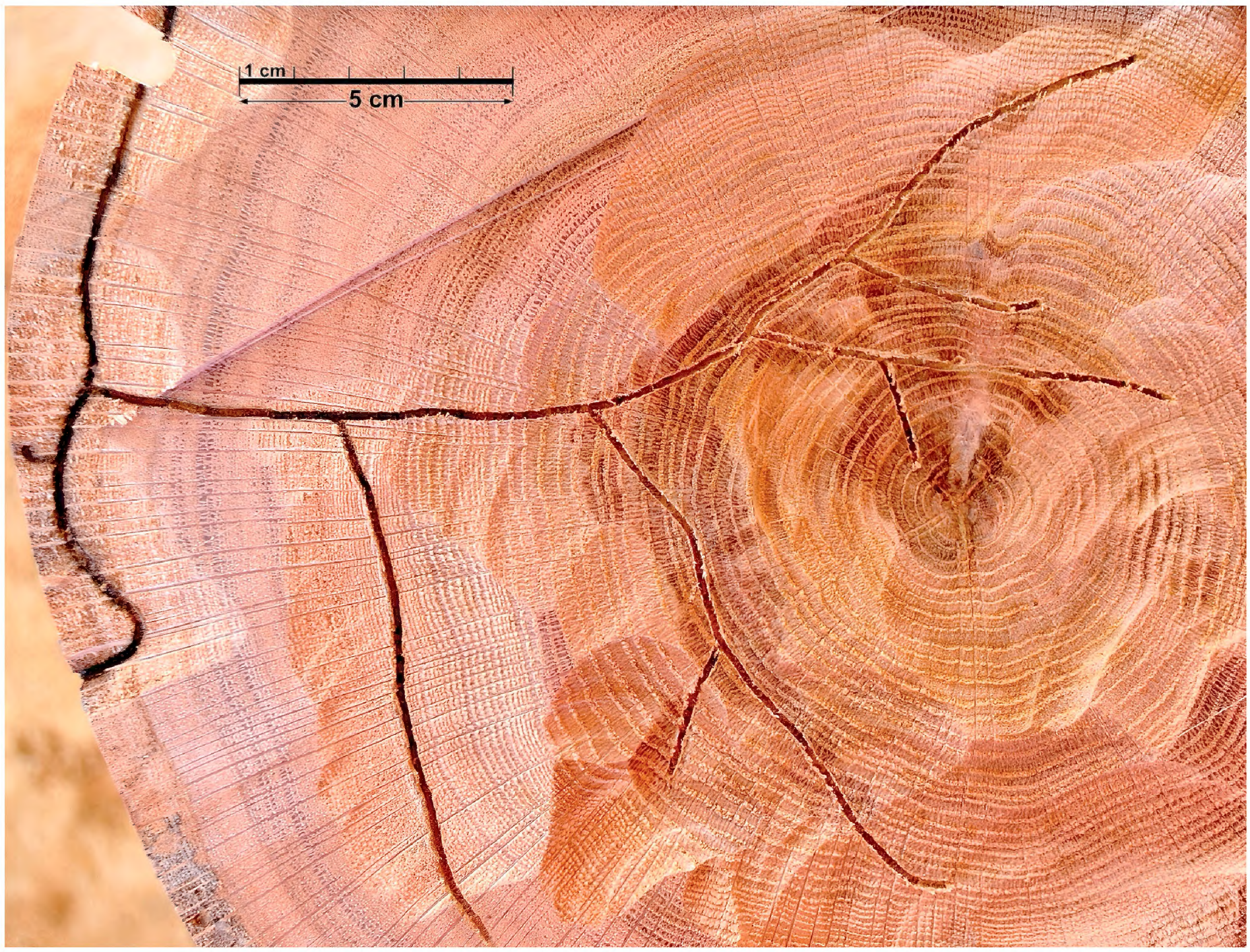

Figure 7. Freigelegtes Galeriesystem von *P. cylindrus* aus einem Eichenstamm (Transversalschnitt). (Modifiziert nach Christof Hein: NW-FVA, Abteilung Waldschutz, Sachgebiet Käfer und Mittelprüfung, 2021).

Nackenschild mit rotbrauner Zeichnung (Groschke 1952). Larven im letzten Stadium bohren bereits Gänge in das Holz, die nicht zu unterscheiden sind von denen der weiblichen Imagines. Die ersten beiden Larvenstadien besitzen lediglich schwach chitinisierte Mundwerkzeuge, wohingegen die Mundwerkzeuge im letzten Larvenstadium stark sklerotisiert sind und keilförmige Kanten an den Mandibeln aufweisen (siehe Fig. 8), wodurch das Bohren kein Problem mehr darstellt. Allerdings ist ihre Bohrgeschwindigkeit sehr viel langsamer als die der adulten Käfer.

Vor der Verpuppung baut sich jede Larve im letzten Stadium ihre eigene Puppenwiege, eine kleine Tasche, im rechten Winkel zum Hauptstollen der Galerie (Baker 1963). Die Anordnung mehrerer Puppenwiegen nebeneinander wird als „Leitergänge“ beschrieben, ähnlich denen, die beim gestreiften Nutzholzborkenkäfer (*Trypodendron lineatum* (Olivier, 1800); Scolytinae) beobachtet werden können (Groschke 1952). Im Unterschied zu *P. cylindrus* erweitern die Larven von *T. lineatum* während ihrer Entwicklung seitliche Nischen, die rechtwinklig vom Muttergang abzweigen, und bleiben stets in diesen Nischen. Die Entwicklung der *P. cylindrus*-Larven innerhalb der Muttergänge und im engen Kontakt mit anderen Larven sowie mit der Mutter ähnelt eher derjenigen verschiedener Arten der Gattung *Xyleborus* (Biedermann 2020). Noch nicht untersucht, aber nicht auszuschließen ist, dass sich die Larven dabei gegenseitig putzen und möglicherweise auch die Pilze an den Muttergangwänden pflegen, wie es bei Arten der Gattungen *Xyleborus* und *Xyleborinus* mithilfe von Laborzuchten gezeigt wurde (Biedermann und Taborsky 2011). Allein das beobachtete Erweitern des Gangsystems durch ältere Larven kann als soziales, der Familie dienendes Verhalten interpretiert werden (Kirkendall et al. 2015).

Die Larven des Eichenkernkäfers verpuppen sich im Frühjahr nach dem Befall und fliegen nach dem Schlüpfen als Imagines aus den von Elterntieren gegrabenen Eingängen aus (Baker 1963). Vor der Verpuppung zieht sich die Larve rückwärts in ihre Puppenkammer zurück und verschließt diese mit einem Gemisch aus Sägespänen und Drüsensekreten (siehe Fig. 9). Die Puppe (siehe Fig. 10) benötigt eine Puppenruhe von etwa 14 Tagen, bevor der Jungkäfer schlüpft und mit dem Ausflug zur eingangs beschriebenen Flugzeit beginnt (Strohmeyer 1907). Die Puppen besitzen bereits die walzenförmige Gestalt der adulten Käfer (siehe Fig. 10). Ob einzelne erwachsene Nachkommen noch eine Zeitlang im Nest verbleiben und dort bei der Brut- und Pilzpflege behilflich sind, ist unklar. Bei Arten mit einer ähnlichen Biologie, etwa den Gattungen *Xyleborus* und *Xyleborinus* konnte ein verzögerter Ausflug der Töchter und kooperative Brutpflege nachgewiesen werden (Biedermann und Taborsky

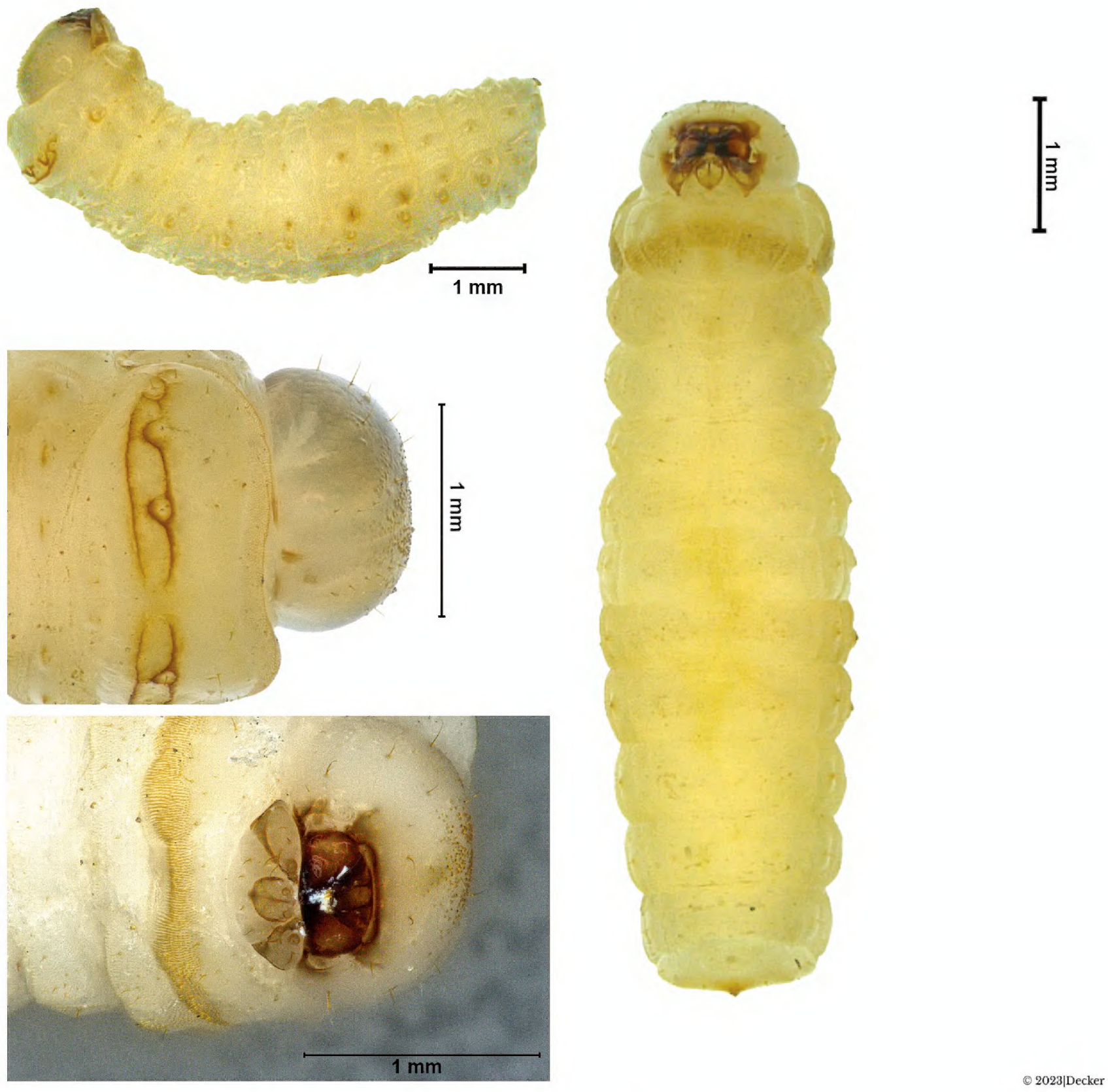

Figure 8. Larve von *P. cylindrus* im letzten Stadium (Abbildung: M. H. Decker).

2011; Kirkendall et al. 2015; Biedermann 2020) und für *P. cylindrus* wird ein ähnliches Sozialsystem vermutet. Eine verwandte Art, *Austroplatypus incompertus* Browne, 1971, zeigt sogar als einzige bisher bekannte Käferart weltweit Eusozialität (Smith et al. 2018). Bei dieser Art wandert ein Teil der erwachsenen Töchter nie ab, bleibt steril und hilft der eilegenden Mutter bei Brut- und Pilzpflege.

Die Landwirtschaft der Ambrosiakäfer: Eine evolutionäre Erfolgsgeschichte

Ambrosiakäfer haben ihren evolutionären Ursprung innerhalb der Rüsselkäfer (Curculionidae) und sind obligat mit ihren Nahrungspilz vergesellschaftet, von denen sie sich primär ernähren (Hulcr et al. 2015; Vanderpool et al. 2018). Diese enge Pilz-Käfer-Assoziation wird als eine Form von Landwirtschaft verstanden, bei der die Käfer ihre symbiotischen Pilze aktiv kultivieren, pflegen und als Nahrungsquelle nutzen, wodurch eine wechselseitige Abhängigkeit zwischen beiden Partnern entsteht (Mueller et al. 2005; Diehl et al. 2022). Die evolutionäre Verbindung zwischen xylomycetophagen Käfern und Pilzen entstand vermutlich zufällig (Batra 1966). Diese Symbiose ermöglichte es den Käfern das Xylem zu besiedeln, welches durch Baumabwehrmechanismen weniger stark geschützt ist und dank der Pilzsymbionten ausreichende Nährstoffe liefert (Beaver 1989; Kirkendall et al. 1997).

Ambrosiakäfer sind weder monophyletisch noch stellt ihr Name eine taxonomische Klassifikation dar. Vielmehr umfasst der Begriff Käfer mit einer gemeinsamen ökologischen Lebensweise (Hulcr et al. 2015). Diese Käfer leben mutualistisch mit Pilzen zusammen, die sie an den Wänden ihrer Gänge im Holz kultivieren und in spezialisierten Strukturen, den sogenannten Mycetangien, transportieren. Solche Mycetangien sind in der Regel bei allen Ambrosiakäfern vorhanden, wenngleich vereinzelt Ausnahmen nicht ausgeschlossen werden können. Sie ermöglichen es den Käfern, ihre Pilzpartner zuverlässig in neue Wirte einzutragen (Mayers et al. 2022).

Platypus cylindrus gehört ebenfalls zu den Ambrosiakäfern (Baker 1963), zu denen insgesamt Vertreter

Figure 9. Puppe von *P. cylindrus* in Puppenwiege (Abbildung: M. H. Decker).

Figure 10. Puppe von *P. cylindrus* (Abbildung: M. H. Decker).

der Unterfamilien Scolytinae und Platypodinae (Farrell et al. 2001) sowie Arten aus der Überfamilie Lymexyloidea (Wheeler 1986) gezählt werden. Vor 86 - 96 Millionen Jahren belegen erste phylogenetische Hinweise, dass Ambrosiakäfer der Unterfamilie der Platypodinae eine mutualistische Beziehung zu symbiotischen Pilzen entwickelten - Grundlage ihrer Pilzlandwirtschaft (Vanderpool et al. 2018). Sie gehören somit zu den ältesten uns bekannten Lebewesen, die Landwirtschaft betreiben.

Warum heißen sie Ambrosiakäfer? Eine historische Betrachtung

Das Determinatum (Grundwort) „Ambrosia“ des göttlich anmutenden Kompositums „Ambrosiakäfer“ stammt aus dem Altgriechischen. Die Ambrosia ist „die Speise der Götter“ oder auch „Götterspeise“, die bereits in der Antike in Homers ‚Ilias‘ Erwähnung fand. Sie bezeichnet einen honigartigen Nektar oder Göttertrank (Honig-Met), der ausschließlich den ambrosischen, also unsterblichen Göttern, vorbehalten war (Roscher 1883).

Der Gottesmann und Pomologe Josef Schmidberger, der ab 1817 das Gartenmeisteramt des Augustiner Chorherrenstift St. Florian innehatte (Csendes et al. 1999), beobachtete am 5. Mai 1834 den herabfließenden Saft eines Apfelbaumes und entdeckte einen Käfer, den er später als Apfelborkenkäfer (*Apate dispar* Fabricius, heute *Anisandrus dispar* (Fabricius, 1792)) identifizierte.

Zweiundzwanzig seiner 42 angebohrten Apfelbäume starben und bei der Untersuchung fand er zu seiner Überraschung Bohrlöcher, die in Gangsysteme im Inneren des Baumholzes übergingen. Er beschrieb mit damaligem Wissen und auf Basis seiner Beobachtungen:

> *„Am Ende des Eingangs machen die Weibchen eine etwas erweiterte Kammer und legen ihre [...] Eier hinein. Zuvor aber wird der ganze Gang mit einer weißlichen Substanz [...] überzogen, welche einer Salzkruste gleichsieht. Ich halte dieselbe für eine Art Ambrosia, wovon sich [...] die Larven [...] ernähren. [...] Sie (die Substanz) [...] ist weißlich, lässt sich zu Pulver mit den Fingern zerreiben und zerfließt auf der Zunge“* (Schmidberger 1834).

Durch diese eigene, wenn auch nicht richtige Interpretation, dass das Weibchen eine Art „Ambrosia“-Substanz (siehe Fig. 11), gemischt aus eigenen Säften der Käfermutter und einem gestockten Baumsaft, für ihre Larven zubereite, prägte Schmidberger im frühen 19. Jahrhundert unwissentlich einen Begriff, der fortan für eine ganze Reihe von Käferarten verwendet wurde: „Ambrosiakäfer“.

Erst Hartig (1844) stellte fest, dass es sich bei der „Ambrosia“ tatsächlich um einen Pilz handelte. Der göttlich anmutende Name blieb jedoch zeitlebens unverändert und wird bis heute verwendet.

Ambrosiapilze des Eichenkernkäfers: Vielfalt und Übertragungsmechanismen

Platypus cylindrus ist mit mehreren Pilzgattungen und -arten vergesellschaftet. Zu seinen Ambrosiapilzen zählen nach Forschungen in Portugal insbesondere, laut älterer Literatur, *Raffaelea ambrosiae* Arx & Hennebert (Sousa et al. 1995) und nach neuerem Kenntnisstand die Ambrosiapilze *Dryadomyces montetyi* (M. Morelet) M. Procter & Z. W. de Beer, der vor seiner taxonomischen Revision als *Raffaelea montetyi* M. Morelet beschrieben wurde, sowie *Raffaelea canadensis* L. R. Batra (Inácio et al. 2008; Amoura et al. 2021), von denen sich Käfer und Larven ernähren. Darüber hinaus wurden sechs weitere Gattungen identifiziert, die häufig mit dem Eichenkernkäfer assoziiert sind: *Acremonium*, *Biscogniauxia*, *Botryosphaeria*, *Gliocladium*, *Scytalidium* und *Trichoderma*. Diese wurden regelmäßig isoliert, erreichten jedoch nicht die Häufigkeit von *Raffaelea* und *Dryadomyces*, die in allen Körperregionen des Käfers (Mycetangien, Darm und Exoskelett) am häufigsten vorkamen (Inácio et al. 2011). Die passive und unregelmäßige Assoziation von Borken- und Ambrosiakäfern mit unterschiedlichsten Pilzen ist nichts Ungewöhnliches und wird häufig beobachtet (Birkemoe et al. 2018). Bei unseren heimischen Eichenkernkäfern in Freiburg im Breisgau konnten wir acht verschiedene Pilzgattungen isolieren: *Trichoderma*, *Dryadomyces*, *Ophiostoma*, *Penicillium*, *Umbelopsis*, *Aspergillus*, *Hypocrea* und *Pithomyces*.

Um die Pilze in den Wirt und die Gänge zu übertragen und somit die obligate Ernährungssymbiose aufrechtzuerhalten,

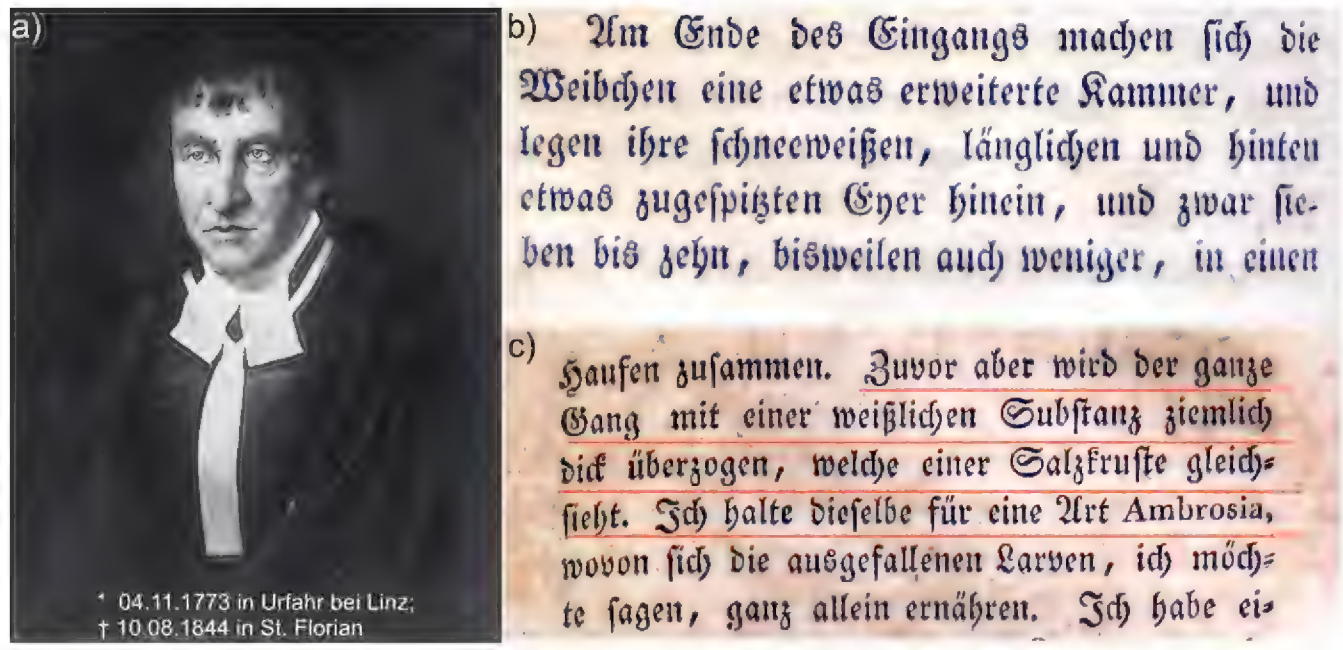

Figure 11. a. Joseph Schmidberger, (modifiziert nach zobodat.at); **b. c.** Auszüge aus Schmidbeger (1834), modifiziert.

werden die Sporen unter anderem in ihren hochspezialisierten Pilzübertragungsorganen, den Mycetangien, transportiert (Cassier et al. 1996) (siehe Figs 12, 13).

Diese befinden sich bei *P. cylindrus* bei beiden Geschlechtern auf dem flachen, mittleren Teil des Prothorax und haben eine ovoide Form. Die Cuticularplatte ist mit zahlreichen Gruben perforiert. Diese Integumentgruben unterscheiden sich bei beiden Geschlechtern deutlich in ihrer Anzahl und der Größe der Öffnungen (siehe auch Figs 12, 13).

Die zahlreichen Gruben, die Pilzsporen enthalten, sind an zwei Seiten angeordnet, getrennt durch eine leicht vertiefte Cuticularlinie. Die kugelförmigen Hohlräume des Mycetangiums sind mit einem Docht aus Mikrotubuli mit einer Drüsenzelle verbunden, die sich zwischen der Endocuticula und der Basallamina befindet (Cassier et al. 1996). Weitere wichtige Übertragungseinrichtungen für Ambrosiapilze finden sich am Integument des Eichenkernkäfers. So tragen sie vor allem auf der Körperoberfläche dichte und schmierige Massen symbiontischer Ambrosiazellen, beispielsweise zwischen den zusammengefalteten Elytren und an deren seitlichen Gelenken. Auch an Haaren (siehe z. B. Fig. 14), insbesondere am Flügeldeckenabsturz und der Stirnbehaarung, wurden starke, bereits mit der Lupe sichtbare Pilzverklumpungen beobachtet. Weibchen weisen eine stärkere äußere Pilzansammlung auf als Männchen (Francke-Grosmann 1956a, 1956b).

Zahlreiche Hautdrüsen und Drüsenhaare sondern fettige Sekrete ab, die die Anhaftung der Sporen fördern und zugleich günstige Bedingungen für Keimung und Wachstum der Ambrosiapilze schaffen. Die Inokulation der Pilze erfolgt passiv beim Anlegen der Gänge, wobei der Grabprozess der Weibchen die Sekretabgabe aus den Mycetangien und damit die Sporenfreisetzung begünstigt (Francke-Grosmann 1967). Da die Ambrosiapilze auf ausreichende Feuchtigkeit im Brutsubstrat angewiesen und gegenüber Austrocknung empfindlich sind (Francke-Grosmann 1956a), bereitet das Weibchen die Gänge mit einer Mischung aus Exsudaten und Sägemehl vor, um ein geeignetes Mikroklima für die Inokulation und das Wachstum der Pilze zu schaffen (Baker 1963).

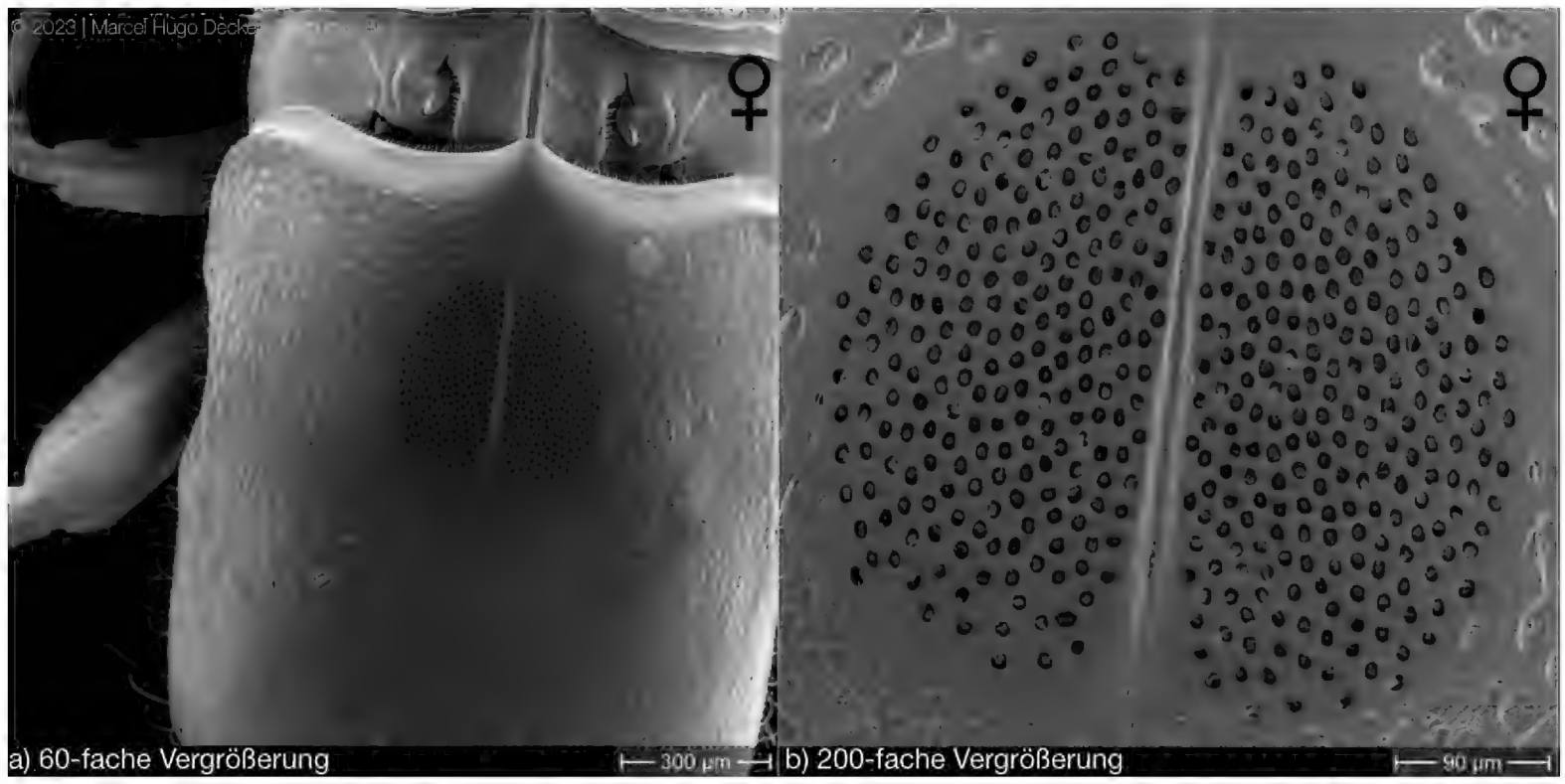

Figure 12. REM-Aufnhame des Mycetangiums von weiblichem *P. cylindrus*. **a.** Zeigt Übersichtsbild Pronotum; **b.** Cuticularplatte mit Gruben (Abbildung: M. H. Decker).

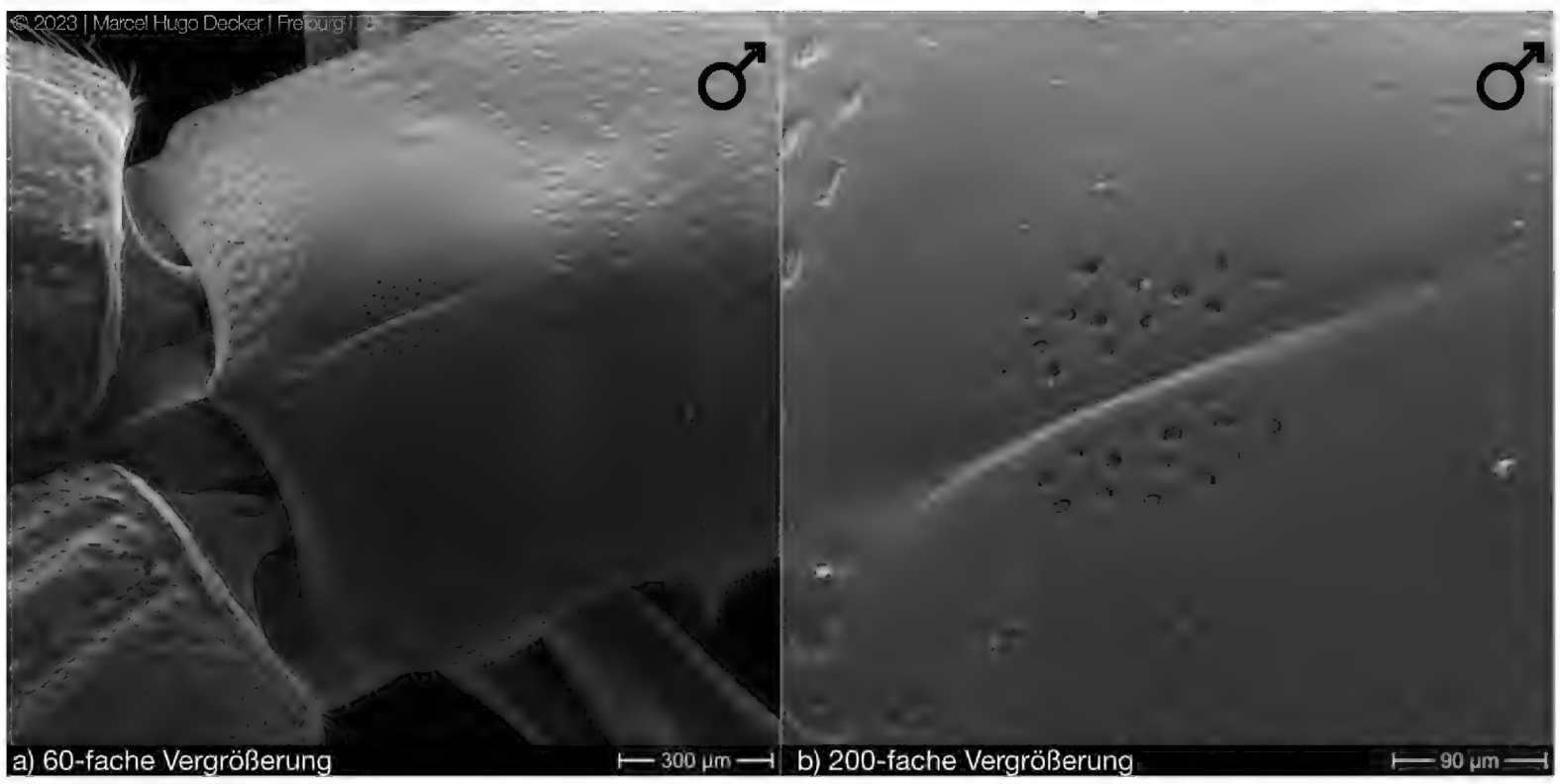

Figure 13. REM-Aufnahme des Mycetangiums von männlichem *P. cylindrus*. **a.** Zeigt Übersichtsbild Pronotum; **b.** Cuticularplatte mit Gruben (Abbildung: M. H. Decker).

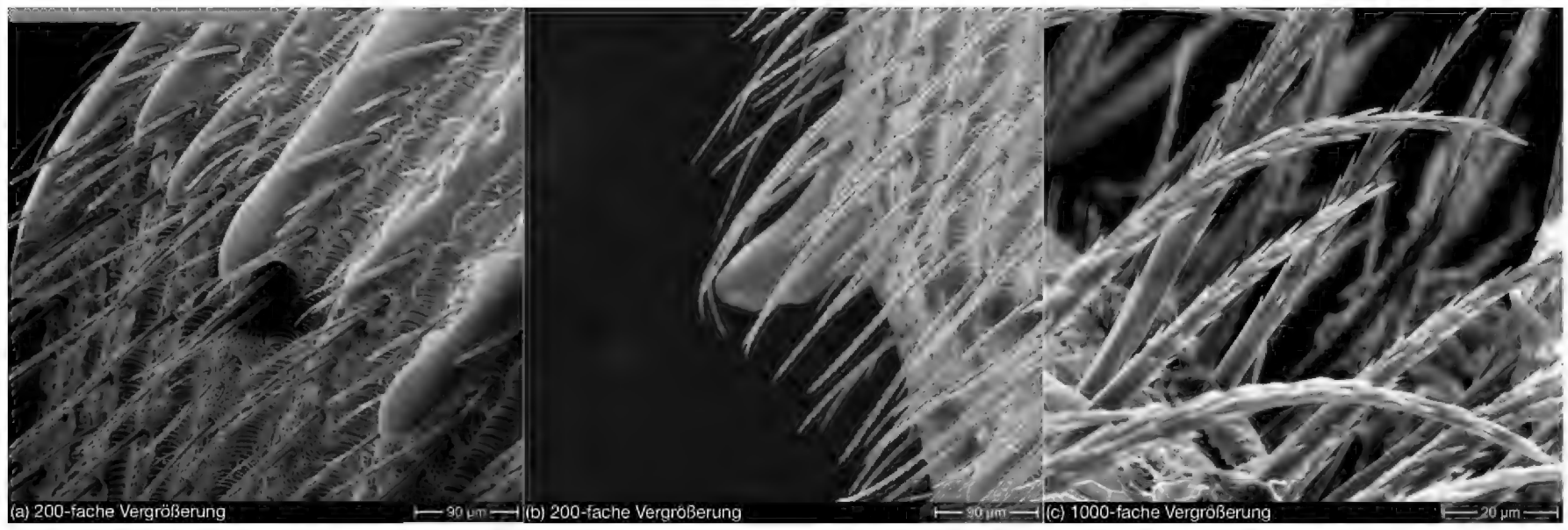

Figure 14. REM-Aufnahme von mit Ethanol gereinigter Behaarung am Absturz von *P. cylindrus*. **a.** Zeigt dichte Behaarung am Absturz; **b.** Behaarung bei Zähnchen **c.** Haar/Borste im Detail (Abbildung: M. H. Decker).

Holzstellt für Käfer ein unzureichendes Nahrungssubstrat dar, da die Hauptbestandteile des Xylems weder verdaut werden können noch essentielle B-Vitamine enthalten, die der Käfer nicht selbst synthetisieren kann (Baker 1963). Ambrosiapilze schaffen Abhilfe, indem sie sich mit ihren Hyphen im Phloem und teilweise auch im Holz (Xylem) ausbreiten können und so eine nähr- und stickstoffreichere Nahrungsquelle schaffen (Beaver 1989). Hyphen bieten eine proteinreichere Nahrung als unverrottetes Holz, da dieses im Vergleich deutlich weniger Phosphate und Stickstoff im Verhältnis zu Kohlenstoff enthält (Swift und Boddy 1984). Zudem erschließen Pilze weitere Nährstoffe, wie Mikronährstoffe (Zn, Cu, Mg, K, Na) (Filipiak und Weiner 2014) oder Ergosterol, ein essentielles Sterol für das Insektenwachstum (Bentz und Six 2006).

Das Abweiden der Pilzrasen mag für die Pilze zunächst nachteilig erscheinen, da sie dabei einen Teil ihrer Biomasse verlieren. Zugleich könnte dieses Verhalten jedoch die Sporulation der Pilze anregen (Batra 1966). Die Pilze wiederum leisten einen wichtigen Beitrag zur Fitness der Käfer, indem sie pflanzliche Abwehrstoffe entgiften oder antibiotisch wirksame Substanzen produzieren (Flórez et al. 2015). Im Gegenzug tragen Ambrosiakäfer zur Verbreitung ihrer symbiotischen Pilze bei, indem sie diese in neue Brutgänge einbringen (Francke-Grosmann 1956a, 1956b; Cassier et al. 1996) und sie dort durch Pflege und Kultivierung schützen (Ranger et al. 2018; Diehl et al. 2022).

Historische und aktuelle Waldschutzsituation von *P. cylindrus*

Der Eichenkernkäfer erlangte bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts forstschutzfachliche Relevanz. Im Jahr 1905 kulminierte eine gravierende Kalamität in Südwestdeutschland, bei der wertvolle Eichenstämme infolge intensiver Fraßtätigkeit massiv entwertet wurden. Betroffene holzverarbeitende Firmen baten die Forstbehörden um Hilfe, woraufhin der Forstwissenschaftler Heinrich Strohmeyer die Ursache untersuchte. Er identifizierte die Larven und Fraßgänge des Eichenkernkäfers als Hauptverursacher. Besonders stark betroffen waren hochwertige Gebirgseichen, während Eichen der Rheinebene meist keine Schäden aufwiesen. Strohmeyer vermutete später, dass die Sommerfällung der Gebirgseichen maßgeblich zur Befallsentwicklung beigetragen habe. Bei einem Besuch eines Sägewerkes beschrieb Strohmeyer manche Eichenholzschnittwaren als siebartig durchlöchert und gab Entwertungen von 30% bis 50% oder mit großer Häufigkeit mit über 90% der Ware an. Zudem vermutete er, dass die Käfer durch kontaminiertes Eichenholz aus südlichen Regionen eingeschleppt wurden (Strohmeyer 1906).

Franz Groschke (1952) bezeichnete den Eichenkernkäfer als „gefürchteten Nutzholzschädling“ und erklärte, dass er in klimatisch begünstigten Regionen zeitweise „als der gefährlichste Eichenschädling angesehen werden“ könne. Diese Einschätzung basierte auf einer Gradation ab dem Jahr 1949, bei der im Ingolstädter Auwald über 3000 Festmeter stehendes Eichenlaubholz befallen waren. Als Bekämpfungsmaßnahme wurden alle Eichen unverzüglich eingeschlagen, abgefahren und verarbeitet. Ebenfalls wurden sämtliche Baumstümpfe gerodet, auch vom letzten Wintereinschlag, sowie alle restlichen nichtbefallenen Eichen gefällt und abgefahren, um dem Käfer jegliche Bruträume zu entziehen. Infolge des Entzugs geeigneter Brut- und Entwicklungsräume sowie der eingeschränkten Nahrungsgrundlage kam es zum Zusammenbruch der Gradation. Spätere, an anderer Stelle durchgeführte Pilotversuche mit chemischen Bekämpfungsmitteln (DDT, Hexa-Präparate und Karbolsäure in Konzentrationen von 10% sowie 40%) zeigten in den Jahren 1951 und 1952 weder eine merkliche Wirkung gegen bereits im Inneren der Stämme siedelnde Käfer noch eine Verhinderung der Besiedlung von vor dem Käferanflug behandelten Hölzern und Stubben. Das Resümee war, dass der Schutz des wertvollen Eichen- und Buchenwertholzes nur durch eine saubere Waldwirtschaft gewährleistet werden kann. Hierzu zählen insbesondere das konsequente Entfernen oder in Schutz bringen (Ortsverlagerung mit Bewässerung) von bruttauglichem Material, das nach dem Einschlag entsteht, bevor die Flugzeit Ende Juni beginnt, sowie die Rodung oder das Abdecken mit Erde aller frischen und alten Eichen- sowie Buchenstöcke, sofern noch kein Befall vorliegt. Prof. Zwölfer

brachte seinerzeit sogar die Idee eines „Antibiotikums“ [sic!] gegen die symbiotischen Pilze des Käfers ins Gespräch (Groschke 1952) wobei dieser Begriff streng genommen nicht ganz zutreffend ist, da Pilze nicht mit Antibiotika, sondern mit Antimykotika behandelt werden. Die Gradation von 1949 ereignete sich in einer Phase mit erhöhten Jahresmitteltemperaturen, die durch eine vorausgehende Dürre im Jahr 1947 verstärkt wurde, wodurch die Wälder erheblich geschwächt wurden (Hamberger und Menzel 2004). Auch klar ist, dass in Europa Eichenbestände seit dem 18. Jahrhundert wiederholt von Vitalitätsverlusten betroffen sind, deren Ursachen bislang nicht abschließend geklärt sind (Sallé et al. 2014; Macháčová et al. 2022; Gosling et al. 2024). Diese Rückgänge resultieren aus einem multifaktoriellen Zusammenwirken abiotischer Stressoren (z. B. Trockenheit, Frost, Bodenveränderungen, Luftschadstoffe), biotischer Schadorganismen (Pilze, Insekten, Bakterien) sowie teilweise auch aus forstwirtschaftlichen Einflussfaktoren wie Bodenverdichtung oder ungeeigneten Provenienzen (Gosling et al. 2024). Der Klimawandel verstärkt diese Prozesse zusätzlich, indem er über häufigere Trockenperioden die Abwehrmechanismen der Bäume schwächt und die Interaktionen zwischen Wirt und Schädling verändert (Sallé et al. 2014; Macháčová et al. 2022; Gosling et al. 2024).

In Deutschland haben sich in den letzten Jahren vor allem wiederholte Dürreperioden in Kombination mit Massenvermehrungen blattfressender Schmetterlingsraupen (z. B. Schwammspinner (*Lymantria dispar* Linnaeus), Frostspanner (*Operophtera brumata* (Linnaeus, 1758)) als maßgebliche Auslöser einer Schwächung von Eichen herausgestellt. Der Verlust der Blattorgane sowie anhaltende Trockenheit führen zu einer verringerten Photosyntheseleistung und damit zu einem Mangel an Kohlenhydrat-Reservestoffen, die für Kallusbildung, Lignifizierung und Schleimflussreaktionen benötigt werden (Lobinger et al. 2024). Hingegen verfügen gesunde Bäume über ausreichenden Turgor in Phloem und Kambium sowie funktionierende chemische Abwehrmechanismen, die unter anderem auf phenolischen und gerbstoffbasierten Substanzen beruhen (Rudinsky 1962). Nach Abwehrschwächung kann es zur Besiedlung durch verschiedene rinden- und holzbrütende Insekten kommen. Hierbei spielt möglicherweise auch der zweipunktige Eichenprachtkäfer (*Agrilus biguttatus* (Fabricius, 1776)) eine Rolle. Laut Lobinger et al. (2024) nutzt *A. biguttatus* vorgeschwächte Eichen zur Fortpflanzung und kann bei Massenvermehrungen selbst äußerlich noch vital erscheinende Bäume besiedeln. Die Larven entwickeln sich dabei im Bast und Kambium, wo sie Fraßgänge anlegen, die bei umfangreicher Besiedlung zum Absterben des Baumes führen können (Lobinger et al. 2024). In jüngeren Untersuchungen wird zudem die Beteiligung bakterieller Erreger als Mitverursacher von Nekrosen und Vitalitätsverlusten diskutiert. Besonders im Zusammenhang mit dem Acute Oak Decline (AOD) wurde gezeigt, dass das Auftreten von Nekrosen mit einem Bakterienkomplex (u. a. *Brenneria goodwinii* Denman et al., 2012, *Gibbsiella quercinecans* Brady et al., 2011, *Rahnella victoriana* Brady et al. 2017) in Kombination mit der Anwesenheit von *A. biguttatus* assoziiert ist (Gosling et al. 2024). Mit der Einschleppung der invasiven Eichennetzwanze (*Corythucha arcuata* (Say, 1832)) nach Deutschland ist mit einer weiteren Schwächung der Eichen zu rechnen, was wiederum *P. cylindrus* zugutekommen könnte (Wonsack und Thomas 2021).

In vorgeschädigten Eichen kann es anschließend zur Besiedlung durch den Eichenkernkäfer kommen, der vor allem bereits abgestorbenes oder stark geschädigtes Gewebe nutzt und durch seine Tätigkeit im Xylem zur Entwertung des Holzes beiträgt. Dadurch gewinnt dieser in den letzten Jahren erneut an Bedeutung im Waldschutz. Verschiedene Meldungen der letzten Jahrzehnte zeigen, dass der Eichenkernkäfer nie vollständig aus den Wäldern verschwunden war. Im Jahr 1995 wurde auf dem Symposium für Eichensterben in Deutschland von einer zunehmenden Entwertung durch kernholzentwertende Insekten gesprochen. Insbesondere sei im Juni 1995 ein starker Befall stehender Eichen durch den Eichenkernkäfer aufgefallen (Wulf und Kehr 1996). Seit 2020 häufen sich erneut Meldungen über dessen Auftreten in Deutschland. Eine gemeinsame Pressemitteilung der Forstkammer Baden-Württemberg und des Deutschen Säge- und Holzindustrie-Bundesverbands aus dem Jahr 2020 berichtet von erheblichen Problemen in der Holzverarbeitung infolge des Befalls durch den Eichenkernkäfer, der zur regelmäßigen Entwertung von Eichenstämmen führt (Forstkammer BaWü e.V. und DeSH 2020). Auch in Hessen wurde der Käfer in den letzten Jahren vermehrt beobachtet. Beutel (2021) berichtet aus einem Interview mit einem Forstamtsleiter, dass Wetterextreme der vergangenen Jahre, insbesondere Trockenheit, Stürme und Schädlingsbefall, die Widerstandskraft der Wälder verringert hätten und dadurch die Anfälligkeit gegenüber Schadinsekten wie dem Eichenkernkäfer gestiegen sei. Im Revier Groß-Gerau werde der Käfer sowohl an stehendem als auch an liegendem Holz seit einigen Jahren mit Sorge beobachtet.

Auch die Plattform Forst & Holz (2021) verweist in einer Pressemitteilung auf die anhaltenden Trockenschäden der Buche infolge der Jahre 2018 und 2019 sowie die konstant hohe Nachfrage nach Eichenholz. In diesem Zusammenhang werde die zunehmende Ausbreitung des Eichenkernkäfers mit Sorge betrachtet, da durch dessen Fraßtätigkeit eine Entwertung von Eichenstammholz drohe. Empfohlen werden ein früher Einschlag geschwächter Bäume sowie eine getrennte Polterung. Aus forstpraktischer Sicht handelt es sich dabei jedoch nicht um präventive, sondern um schadensbegrenzende Maßnahmen. Der rasche Einschlag soll ermöglichen, das Holz noch zu verwerten, bevor der Käfer vom äußeren Splintholz in das innere, wertbestimmende Kernholz vordringt. Eine getrennte Lagerung kann während der Schwärmzeit hilfreich sein, zeigt außerhalb dieses Zeitraums jedoch kaum Wirkung, da keine Neuansiedlung erfolgt und an vielen Lagerplätzen bereits eigene Käferpopulationen bestehen

könnten. Nach über 50 Jahren wurde der Eichenkernkäfer auch in Niedersachsen wieder häufiger festgestellt. Im Interview von Sohns (2023) mit einem Mitarbeiter von der NW-FVA, Abteilung Waldschutz Käfer und Mittelprüfung, wurde berichtet, dass der Käfer dort zuvor als „verschollen" galt. Wirte könnten mehrere Jahre liegendes, auch entrindetes Holz sein. Der Eichenkernkäfer präferiere jedoch frisch gefälltes und in Einzelfällen sogar stehendes Eichenholz. Die Besiedlung noch lebender Eichen erfolge ausschließlich in bereits abgestorbenen Bast- oder Kambialbereichen, etwa infolge von Prachtkäferbefall, mechanischen Verletzungen oder Hallimaschinfektionen. Ein vitales Phloem- oder Kambiumgewebe könne der Käfer hingegen nicht durchdringen. Das betroffene Holz gelte nach Durchbohrung durch die Fraßgänge als technisch entwertet und sei nicht mehr als Bau- oder Konstruktionsholz nutzbar. Der Käfer bildet nur eine Generation pro Jahr aus und aktuell sind keine chemischen Insektizide zugelassen. Eine Anwendung wäre bei bereits befallenem Holz ohnehin wirkungslos. Auch hier werde hinsichtlich der Handlungsoptionen der Waldbesitzer wie zuvor auf die saubere Waldwirtschaft und eine rechtzeitige Ernte verwiesen. *P. cylindrus* besiedelt wie bereits geschrieben, ausschließlich vorgeschädigtes Holz und sei nicht in der Lage vitale Bäume primär zu befallen sowie deren intakte Abwehrmechanismen zu überwinden. Er ist häufig mit *Xyleborus monographus* (Fabricius, 1792) und *Xyleborus dryographus* (Ratzeburg, 1837) Ratzeburg, 1837 vergesellschaftet (FNR 2022; Sohns 2023).

In anderen Regionen, insbesondere in Teilen des Mittelmeerraums, wird *P. cylindrus* hingegen teilweise bereits als primärer Schädling geführt. So wird er in Marokko von Villemant und Fraval (1993) als solcher bezeichnet. Auch Cassier et al. (1996) berichten von der Möglichkeit, dass der Käfer scheinbar vitale Bäume angreifen kann. In Portugal änderte sich das Insekten-Wirt-Verhältnis seit dem erneuten Auftreten des Käfers in Korkeichenbeständen (*Quercus suber* L.) um das Jahr 1980 dahingehend, dass auch mutmaßlich vitale Bäume besiedelt werden (Sousa und Débouzie 2002). Nach dem Auftreten erster Symptome können befallene Korkeichen innerhalb von drei bis 18 Monaten absterben (Sousa und Inácio 2005). Im nordwestlichen Teil von Algerien wurden ebenfalls Vorkommen des Eichenkernkäfers dokumentiert, die die Korkeichenplantagen gefährden (Belhoucine und Bouhraoua 2012). Demgegenüber berichten Bellahirech et al. (2015), dass *P. cylindrus* zwar als bedeutender Holzbohrer der Korkeiche in Tunesien vorkommt, dort bislang jedoch keine relevanten Schäden verursacht. Zur Klärung möglicher Ursachen der unterschiedlichen Befallsintensitäten in Portugal und Tunesien wurden von Bellahirech et al. (2016) populationsgenetische und morphologische Untersuchungen durchgeführt, bei denen keine signifikanten Unterschiede in der Morphologie der Mycetangien und nur geringe genetische Unterschiede festgestellt wurden. Die Autoren empfehlen, weitere ökologische Faktoren wie Klima und Baumgesundheit zu untersuchen, um das unterschiedliche Verhalten der Populationen besser zu verstehen.

Neben regional unterschiedlichen Befallsintensitäten lassen sich auch Unterschiede in den befallenen Baumarten beobachten, was Rückschlüsse auf das Wirtsspektrum und dessen mögliche Ausweitung zulässt. Das Potenzial zur Nutzung unterschiedlicher Wirtspflanzen von *P. cylindrus* wurde bereits von Chapman (1870) erkannt. Neben Eichen (*Quercus* spp.) wurden auch Buchen (*Fagus sylvatica* L.) als Wirte beschrieben. Knotek (1896) verweist in seiner Literaturübersicht auf Nördlinger (1884), der das Vorkommen in Edelkastanie (*Castanea sativa* L.) nachweist. Weiterhin wurde Befall an Ulmen (*Ulmus* spp.) beobachtet, wobei die Besiedlung dieser Stämme rasch wieder aufgegeben wurde (Strohmeyer 1907). Weitere dokumentierte Wirtsarten sind Vogelkirsche (*Prunus avium* L.) (Cassier et al. 1996), Walnuss (*Juglans regia* L.) und Esche (*Fraxinus excelsior* L.) (FNR 2022). Die Mehrzahl, jedoch nicht alle Ambrosiakäferarten, weisen eine breite Wirtsspanne auf. Im Gegensatz zu den oftmals stärker wirtsspezifischen Borkenkäfern brüten viele Ambrosiakäferarten in einer Vielzahl verschiedener Laub- und Nadelbaumarten. Dies ist auf die Polyphagie ihrer symbiotischen Ambrosiapilze zurückzuführen, von denen sich die Käfer ernähren. Die geringe Wirtsspezifität vieler Ambrosiakäferarten wird evolutiv unter anderem auf die hohe floristische Biodiversität der Tropen zurückgeführt, aus denen ein Großteil der Ambrosiakäferfauna stammt. In solchen Ökosystemen wäre eine enge Wirtsspezialisierung sowohl für die Käfer als auch für ihre symbiotischen Pilze nachteilig (Beaver 1979, 1989).

Aktuell sind in Deutschland keine chemischen Bekämpfungsmittel gegen den Eichenkernkäfer zugelassen, da dieser nicht zu den Borkenkäfern zählt. In großflächigen Laubwaldbeständen sollte daher auf spezifische Befallsmerkmale wie Einbohrlöcher und langfaseriges Bohrmehl geachtet werden, insbesondere an vorgeschädigten und trockenheitsgestressten Bäumen. Die Entrindung kann die Abtrocknung liegenden Holzes beschleunigen. Eine Reduktion der Holzfeuchte unter 25% führt mutmaßlich zur Einstellung der Bohrtätigkeit und hemmt das Wachstum der symbiotischen Ambrosiapilze. Bereits bei einer Holzfeuchte unter 40% sinkt die Aktivität der Käfer deutlich ab. Ebenfalls kann die Beregnung der liegenden, nicht befallenen Stämme während der Flugzeit (Mitte/Ende Juni bis September) dem Befall vorbeugen (FNR 2022).

Natürliche Antagonisten von *P. cylindrus* werden in der Literatur bislang nicht gesichert beschrieben. Dennoch erwähnte bereits Packard (1874) *Colydium elongatum* (Fabricius, 1782; siehe Fig. 15) explizit als Räuber von *P. cylindrus*. Neuere Beobachtungen zeigen, dass *C. elongatum* der Ausbreitung von *P. cylindrus* folgt und mit dieser Art regelmäßig assoziiert ist (Reißmann 2002; Alexander 2002). Die Art gilt jedoch nicht als Spezialist, sondern als räuberischer Generalist, der auch Larven anderer xylobionter Käfer erbeutet, wenngleich sie mit *P. cylindrus* eng assoziiert ist (Hůrka 2005; Alexander 2002; Reißmann 2002). *C. elongatum* wird in Deutschland zudem als selten bzw. gefährdet eingestuft (Reißmann 2002; Rote-Liste-Zentrum Deutschland 2021). Quantitative Nachweise eines Einflusses auf das Befallsgeschehen von *P. cylindrus* liegen bislang nicht vor.

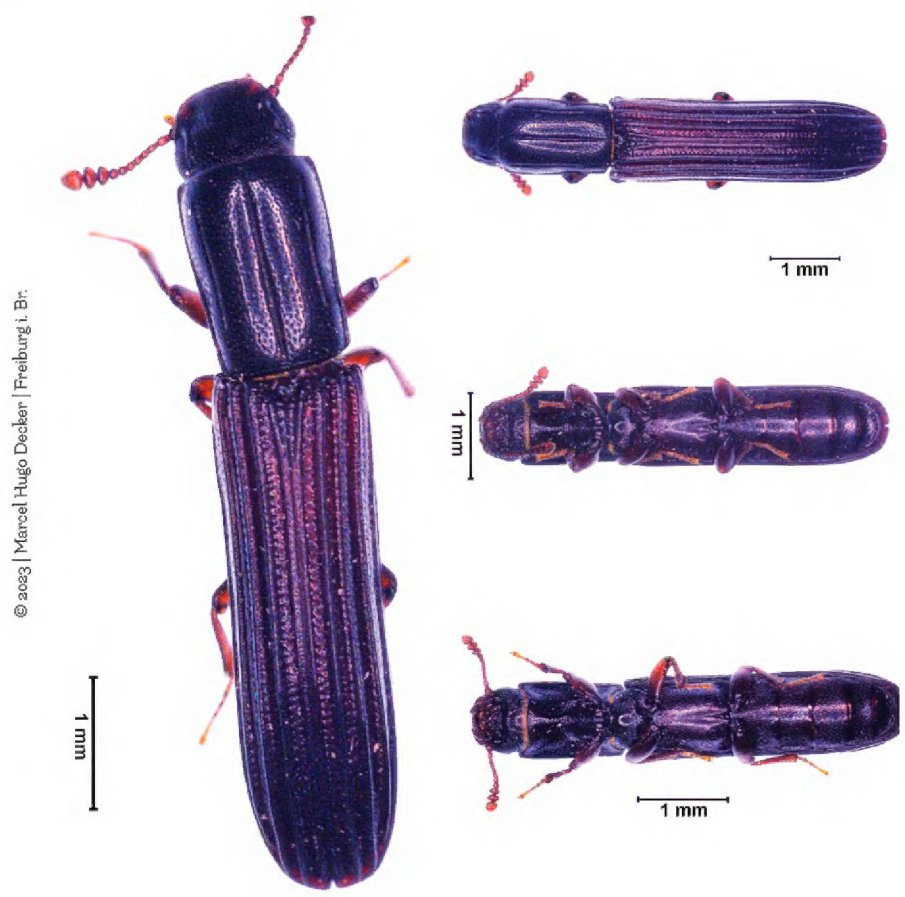

Figure 15. *Colydium elongatum* (Fabricius, 1787) aus einer *P. cylindrus* Galerie (Abbildung: M. H. Decker).

Danksagung

Wir danken Jon Andreja Nuotclà, Lennart Van de Peppel, Hannes Freitag, Angela Haury, Paula Willfurth, Walburga Köllinger-Decker, Maria Köllinger und Christof Hein herzlich für ihre wertvolle Unterstützung bei der Durchführung dieser forstentomologischen Arbeit.

Literatur

Alexander KNA (2002) The invertebrates of living and decaying timber in Britain and Ireland – a provisional annotated checklist. English Nature Research Report No. 467, Peterborough. https://publications.naturalengland.org.uk/publication/132027 [22.10.2025]

Algarvio R, Teixeira C, Barata E, Pickett J, Casas Novas P, Figueiredo D (2002) Identification of a putative aggregation pheromone from males *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Platypodidae). In: 19th Annual Meeting of the International Society of Chemical Ecology, University of Hamburg, Germany, 3–7 Aug 2002. https://www.chemecol.org/programs/2002.pdf [10.08.2023]

Amoura M, Inácio ML, Nóbrega F, Bonifácio L, Sousa E, Chakali G (2021) Fungi associated with *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera: Curculionidae) from *Quercus suber* L. in North-Eastern Algeria. International Journal of Agricultural Policy and Research 9(1): 1–8. https://doi.org/10.15739/IJAPR.21.001

Asbeck T, Hager A, Wippel B, Weinreich A (2022) Praxis-Leitfaden für die Auswahl von klimaangepassten Baumarten und eines dazugehörigen waldbaulichen Plans – Hintergrundstudie für den Wald-Klimastandard. UNIQUE forestry and land use GmbH, Freiburg im Breisgau. https://version.waldklimastandard.de/fileadmin/document-centre/Prinzipien/05_Umwelt/05-01_Baumarten-und-Waldbau/05-0101_PraxisleitfadenBaumartenwahl/05-0101-REP-1.0.00.pdf [August 15, 2023]

Baker JM (1963) Ambrosia beetles and their fungi, with particular reference to *Platypus cylindrus* Fab.. Symposium of the Society for General Microbiology 13: 232–265. Cambridge University Press, Cambridge.

Balachowsky A (1949) Coléoptères Scolytides. Faune de France 50. Lechevalier, Paris, 279 pp.

Balachowsky AS, Chevalier M, Cuillé J, Grison P, Hoffmann A, Jourdheuil P, Labeyrie V, Remaudière G, Steffan JR, Touzeau J, Vilardebo A (1963) Entomologie appliquée à l'agriculture. Masson, 1289–1291.

Barata E, Casas Novas P, Correia S, Algarvio R, Figueiredo D (2002) Cork oak male beetles (*Platypus cylindrus*) release a putative aggregation pheromone that attracts both sexes. In: 19th ISCE Meeting, Hamburg, 3–7 Aug 2002. Scientific Programme and Abstracts, 153–153. https://www.chemecol.org/programs/2002.pdf [August 10, 2023]

Batra LR (1966) Ambrosia fungi: extent of specificity to ambrosia beetles. Science 153: 193–195. https://doi.org/10.1126/science.153.3732.193

Beaver RA (1989) Insect–Fungus Relationships in the Bark and Ambrosia Beetles. In: Wilding N, Collins NM, Hammond PM, Webber JF (Eds) Insect–Fungus Interactions. Academic Press, London, 121–143. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-751800-8.50011-2

Belhoucine L, Bouhraoua R (2012) Evolution spatio-temporelle des attaques de *Platypus cylindrus* (Coleoptera, Platypodidae) dans un jeune peuplement de chêne-liège après démasclage: cas de la subéraie de M'Sila (Nord Ouest Algérie). Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bulletin 76: 201–204.

Bellahirech A, Mahrajène T-, Bonifácio L, Inácio ML (2015) A Contribution to the Knowledge of *Platypus cylindrus* in Tunisian Cork Oak Forests. Tunisian Journal of Plant Protection 10: 141–150.

Bellahirech A, Inácio ML, Nóbrega F, Henriques J, Bonifácio L, Sousa E, Ben Jamâa ML (2016) Can behavioural differences in *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Platypodinae) from Portugal and Tunisia be explained by genetic and morphological traits? Bulletin of Entomological Research 106: 1–8. https://doi.org/10.1017/S0007485315000437

Bentz BJ, Six DL (2006) Ergosterol Content of Fungi Associated with *Dendroctonus ponderosae* and *Dendroctonus rufipennis* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). Annals of the Entomological Society of America 99: 189–194. https://doi.org/10.1603/0013-8746(2006)099[0189:ECOFAW]2.0.CO;2

Biedermann PHW (2020) Cooperative Breeding in the Ambrosia Beetle *Xyleborus affinis* and Management of Its Fungal Symbionts. Frontiers in Ecology and Evolution 8: 518954. https://doi.org/10.3389/fevo.2020.518954

Biedermann PHW, Taborsky M (2011) Larval helpers and age polyethism in ambrosia beetles. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 108: 17064–17069. https://doi.org/10.1073/pnas.1107758108

Birkemoe T, Jacobsen RM, Sverdrup-Thygeson A, Biedermann PHW (2018) Insect-Fungus Interactions in Dead Wood Systems. In: Ulyshen MD (Ed.), Saproxylic Insects: Diversity, Ecology and Conservation. Springer International Publishing, Cham, 377–427. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75937-1_12

Beutel R (2021) Wirtschaftlich gut, ökologisch alarmierend - Hitze, Trockenheit und Schädlingsbefall setzen dem Gemeindewald zu. Frankfurter Neue Presse, Nauheim. https://www.fnp.de/lokales/kreis-gross-gerau/nauheim-ort893427/wirtschaftlich-gut-oekologisch-alarmierend-90578538.html [August 14, 2023]

Böhme J (1994) Bemerkenswerte Käferfunde aus Mitteleuropa - Entomologische Blätter 90(3): 224. [Krefeld]

Bright DE (2014) A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), supplement 3 (2000–2010), with notes on subfamily and

tribal reclassifications. Insecta Mundi 2014(356): 1–336. https://doi.org/10.5281/zenodo.5178893.

Bußler H (2014) Käfer und Großschmetterlinge an der Traubeneiche. LWF-Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft LWF Wissen 75. https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/w75_gesamt_bf_gesch.pdf [August 8, 2023]

Cassier P, Lévieux J, Morelet M, Rougon D (1996) The mycangia of *Platypus cylindrus* Fab. and *P. oxyurus* Dufour (Coleoptera: Platypodidae). Structure and associated fungi. Journal of Insect Physiology 42(2): 171–179. https://doi.org/10.1016/0022-1910(95)00056-9

Chapman TA (1870) On the habits of *Platypus cylindrus*, Fab. Entomologist's Monthly Magazine 7: 103, 107–135. https://ia600205.us.archive.org/33/items/entomologist78187072oxfo/entomologist78187072oxfo.pdf [August 14, 2023]

Csendes P, Santifaller L, Obermayer-Marnach E, Österreichische Akademie der Wissenschaften [Eds] (1999) 10 Österreichisches biographisches Lexikon: 1815 - 1950. Bd. 10: Savinšek Slavko - Schobert Ernst / redigiert von Peter Csendes. 2., unveränderte Aufl. Verl. der Österr. Akad. der Wiss, Wien, 455 pp. https://www.biographien.ac.at/oebl_10/315.pdf [September 4, 2023]

Decker MH, Biedermann PHW, Van de Peppel L, Nuotclà JA (2025) Growth variation of an ambrosia fungus on different tree species indicates host specialization. Frontiers in Insect Science – Insect Health and Pathology (Brief Research Report), in review, expected publication in 2025. https://doi.org/10.1101/2025.09.08.674918

Diehl JMC, Ferge S, Biedermann PHW, Gross J (2022) First experimental evidence for active farming in ambrosia beetles Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 289(1984): 20221458. https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1458

Erlbeck R, Haseder I, Stinglwagner G (2002) Das Kosmos Wald- und Forstlexikon. 2. Aufl. Franckh-Kosmos, Stuttgart, 880 pp.

Farrell BD, Sequeira AS, O'Meara BC, Normark BB, Chung JH, Jordal BH (2001) The Evolution of Agriculture in Beetles (Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae). Evolution 55: 2011–2027. https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2001.tb01318.x

Filipiak M, Weiner J (2014) How to Make a Beetle Out of Wood: Multi-Elemental Stoichiometry of Wood Decay, Xylophagy and Fungivory. PLoS ONE 9: e115104. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115104

Flórez L, Biedermann PH, Engl T, Kaltenpoth M (2015) Defensive symbioses of animals with prokaryotic and eukaryotic microorganisms. Natural Product Reports 32: 904–936. https://doi.org/10.1039/C5NP00010F

FNR [FNR e. V.] (2023) Laubholz. Über die Nutzung und Verwendung einheimischer Laubhölzer. 2nd edn. 96 pp.

FNR [FNR e. V.] (2022) Wichtige Forstschädlinge. 1st edn. www.mkl-druck.de [Ostbevern]

Forstkammer BaWü e.V., DeSH (2020) Gemeinsame Pressemitteilung der Forstkammer Baden-Württemberg und des Deutsche Säge- und Holzindustrieverbands Bundesverbands (DeSH) - Laubholzgespräch – wichtiger und konstruktiver Austausch zwischen Forst- und Holzwirtschaft. https://sbd26e3bea557f793.jimcontent.com/download/version/1614353474/module/7990112764/name/PM%20Laubholzgespräch%20DeSH%20Forstkammer.pdf [August 14, 2023]

Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg [FVA] (2021) Artensteckbriefe 2.0 – Alternative Baumarten im Klimawandel: Eine Stoffsammlung. FVA Baden-Württemberg, Freiburg im Breisgau. https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/sonstiges/2021_fva_artensteckbriefe.pdf [August 14, 2023]

Francke-Grosmann H (1956a) Hautdrüsen als Träger der Pilzsymbiose bei Ambrosiakäfern. Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere 45: 275–308. https://doi.org/10.1007/BF00430256

Francke-Grosmann H (1956b) Zur Übertragung der Nährpilze bei Ambrosiakäfern. Naturwissenschaften 43: 286–287. https://doi.org/10.1007/BF00622498

Francke-Grosmann H (1967) Ectosymbiosis in Wood-Inhabiting Insects. In: Henry SM (Ed.) Symbiosis. Academic Press, 141–205. https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-2758-0.50010-2

Gosling RH, Jackson RW, Elliot M, Nichols CP (2024) Oak declines: Reviewing the evidence for causes, management implications and research gaps. Ecological Solutions and Evidence 5(4): e12395. https://doi.org/10.1002/2688-8319.12395

Groschke F (1952) Zur Lebensweise und Bekämpfungsmöglichkeit des Eichenkernkäfers *Platypus cylindrus* Fabr. In: Verhandl. Deutsch. Geseltsch. angew Entomo, 103–108.

Hamberger J, Menzel A (2004) „Wetternachhersage" - ein Blick in die Vergangenheit. https://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/a43_wetternachhersage-ein_blick_in_die_vergangenheit.pdf [August 13, 2023]

Hartig T (1844) Ambrosia des *Bostrychius dispar.* Alleg. Jagd-zeitung NS 13: 73–74.

Hickin NE (1963) The Insect Factor in Wood Decay: An Account of Wood-boring Insects with Particular Reference to Timber Indoors. Hutchinson, London, 336 pp.

Hulcr J, Atkinson TH, Cognato AI, Jordal BH, McKenna DD (2015) Chapter 2 - Morphology, Taxonomy, and Phylogenetics of Bark Beetles. In: Vega FE, Hofstetter RW (Eds), Bark Beetles. Academic Press, San Diego, pp. 41–84. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00002-2

Hůrka K (2005) Brouci České a Slovenské republiky. Kabourek Verlag, Zlín. https://www.databazeknih.cz/knihy/brouci-ceske-a-slovenske-republiky-350179 [Accessed October 22, 2025]

Husson R (1955) Sur la biologie du Coléoptère xylophage, *Platypus cylindrus* Fabr. Annales de l'Université de Saraviensis. Sciences 4: 348–356.

Inácio ML, Henriques J, Sousa E (2011) Contribution of Symbiotic Fungi to Cork Oak Colonization by *Platypus cylindrus* (Coleoptera: Platypodidae). Silva Lusitana 19: 89–99.

Inácio ML, Henriques J, Lima A, Sousa E (2008) Fungi of *Raffaelea* genus (Ascomycota: Ophiostomatales) associated to *Platypus Cylindrus* (Coleoptera: Platypodidae) in Portugal. Revista de Ciências Agrárias 31: 96–104.

Inácio ML, Henriques J, Lima A, Sousa E (2012) Ophiostomatoid fungi associated with cork oak mortality in Portugal. IOBC/wprs Bulletin 78: 89–92.

Inácio ML (2012) The ambrosia beetle *Platypus cylindrus* (Fabricius, 1792) and associated fungi in cork oak stands. PhD Thesis, Universidade de Lisboa. https://repositorio.ulisboa.pt/handle/10400.5/5194 [Accessed October 22, 2025]

Jaworski T, Hilszczański J (2013) The effect of temperature and humidity changes on insect development and their impact on forest ecosystems in the expected climate change. Forest Research Papers 74(4): 345–360. https://doi.org/10.2478/frp-2013-0033

Jordal BH (2014) Platypodinae. In: Leschen RAB, Beutel RG (Eds) Handbook of Zoology: Coleoptera, Vol. 3: Morphology and Systematics (Phytophaga). De Gruyter, Berlin, 358–364.

Karbowiak T, Gougeon RD, Alinc J-B, Brachais L, Debeaufort F, Voilley A, Chassagne D (2009) Wine Oxidation and the Role of Cork.

Critical Reviews in Food Science and Nutrition 50: 20–52. https://doi.org/10.1080/10408390802248585

Kirkendall L, Kent D, Raffa K (1997) Interactions among males, females and offspring in bark and ambrosia beetles: the significance of living in tunnels for the evolution of social behavior. The Evolution of Social Behavior in Insects and Arachnids: 181–215. https://doi.org/10.1017/CBO9780511721953.010

Kirkendall LR, Biedermann PHW, Jordal BH (2015) Chapter 3 - Evolution and Diversity of Bark and Ambrosia Beetles. In: Vega FE, Hofstetter RW (Eds) Bark Beetles. Academic Press, San Diego, pp. 85–156. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00003-4

Knotek J (1896) Die Brutgänge des Eichenkernkäfers (*Platypus cylindrus* F). Österreichische Vierteljahrsschrift für das Forstwesen 46: 148–152.

Lobinger G, Burkardt K, Delb H, Hahn A, Hein C, Hurling R, Rohde M, Rommerskirchen A, Wonsack D (2024) Eichenprachtkäfer und Eichensterben. AFZ-DerWald 2024: 38–41.

Macháčová M, Nakládal O, Samek M, Baťa D, Zumr V, Pešková V (2022) Oak Decline Caused by Biotic and Abiotic Factors in Central Europe: A Case Study from the Czech Republic. Forests 13: 1223. https://doi.org/10.3390/f13081223

New TR (2018) Forests and Their Insect Inhabitants. In: New TR (Ed.) Forests and Insect Conservation in Australia. Springer International Publishing, Cham, 1–22. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92222-5_1

Mayers CG, Harrington TC, Biedermann PHW (2022) Mycangia Define the Diverse Ambrosia Beetle–Fungus Symbioses. In: Biedermann PHW, Vega FE, Hofstetter RW (Eds) Bark Beetle Biology and Ecology of Indigenous and Invasive Species. MIT Press (Open Access). https://doi.org/10.7551/mitpress/13600.003.0013

Mölder A, Meyer P, Nagel R-V (2019) Integrative management to sustain biodiversity and ecological continuity in Central European temperate oak (*Quercus robur*, *Q. petraea*) forests: An overview. Forest Ecology and Management 437: 324–339. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.01.006

Mueller UG, Gerardo NM, Aanen DK, Six DL, Schultz TR (2005) The evolution of agriculture in insects. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 36: 563–595. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.36.102003.152626

Nördlinger H (1884) Lehrbuch des Forstschutzes: Abhandlung der Beschädigungen des Waldes durch Menschen, Thiere und die Elemente unbelebter Natur, sowie der dagegen zu ergreifenden Massregeln. 3. Aufl. Parey, Berlin.

Packard Jr AS (1874) Nature's Means of Limiting the Numbers of Insects. The American Naturalist 8(5): 270–282. https://doi.org/10.1086/271315 [22.10.2025]

Plattform Forst Holz DF e.V. (2021) Pressemitteilung - Laubholzgespräche in Zeiten des Klimawandels. https://www.forstwirtschaft-in-deutschland.de/index.php?eID=tx_securedownloads&p=82&u=0&g=0&t=1692023011&hash=d592c2efce998184537b8f4926bcf71bd7aaf944&file=-fileadmin/intern/Bilder_Dateien_NEWS/DFWR_210910_PM_Laubholzgespraeche.pdf [August 14, 2023]

Ranger CM, Biedermann PHW, Phuntumart V, Beligala GU, Ghosh S, Palmquist DE, Mueller R, Barnett J, Schultz PB, Reding ME, Benz JP (2018) Symbiont selection via alcohol benefits fungus farming by ambrosia beetles. Proceedings of the National Academy of Sciences 115: 4447–4452. https://doi.org/10.1073/pnas.1716852115

Reißmann K (2002) *Colydium elongatum* Fabricius 1787, Neufund für Nordrhein (Insecta, Coleoptera, Colydiidae). Coleo 2: 23–33. https://d-nb.info/1127531271/34 [22.10.2025]

Roscher WH (1883) Nektar und Ambrosia: mit einem Anhang über die Grundbedeutung der Aphrodite und Athene. Teubner. https://books.google.de/books?id=7hQHAAAAQAAJ

Rote-Liste-Zentrum Deutschland (2021) Rote Liste der Käfer Deutschlands – *Colydium elongatum* (Fabricius, 1787). Category 3 = Vulnerable. https://www.rote-liste-zentrum.de [Accessed October 22, 2025]

Rudinsky JA (1962) Ecology of Scolytidae. Annual Review of Entomology 7: 327–348. https://doi.org/10.1146/annurev.en.07.010162.001551

Sallé A, Nageleisen L-M, Lieutier F (2014) Bark and wood boring insects involved in oak declines in Europe: Current knowledge and future prospects in a context of climate change. Forest Ecology and Management 328: 79–93. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.027

Schmidberger J (1834) Beiträge zur Obstbaumzucht und zur Naturgeschichte der den Obstbäumen schädlichen Insekten, Heft 4: Naturgeschichte des Apfelborkenkäfers *Apale dispar*, 213–230.

Shore TL, McLean JA (1983) Attraction of *Platypus wilsoni* Swaine (Coleoptera: Platypodidae) to traps baited with sulcatol, ethanol and α-pinene. Canadian Forest Service Bi-Monthly Research Notes 3(4): 24–25.

Smith SM, Kent DS, Boomsma JJ, Stow AJ (2018) Monogamous sperm storage and permanent worker sterility in a long-lived ambrosia beetle. Nature Ecology & Evolution 2: 1009–1018. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0533-3

Sohns V (2023) Baumschädling: Der Eichenkernkäfer ist wieder da - Land & Forst 24-2023. dlv Digitalmagazin App. https://www.digitalmagazin.de/marken/landforst/hauptheft/2023-24/forstwirtschaft/046_der-eichenkernkaefer-ist-wieder-da [August 14, 2023]

Sousa E, Débouzie D (2002) Caractéristiques bioécologiques de *Platypus cylindrus* au Portugal. IOBC/WPRS Bulletin 25: 75–83.

Sousa E, Inácio M de LNS (2005) New Aspects of *Platypus cylindrus* Fab. (Coleoptera: Platypodidae). In: Lieutier F, Ghaioule D (Eds) Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems. INRA Éditions, Paris, 147–168.

Sousa E, Débouzie D, Pereira H (1995) Le rôle de l'insecte *Platypus cylindrus* F. (Coleoptera, Platypodidae) dans le processus de dépérissement des peuplements de chêne-liège au Portugal. IOBC/wprs Bull. 18: 24–37.

Sousa EMR (1996) Contribution à l'étude de la biologie de populations de Platypus cylindrus (Coleoptera: Platypodidae) dans des peuplements de chênes-lièges au Portugal. Thèse de Doctorat, Université Lyon 1, 153 pp. [Nachweis in thèses.fr/ULisboa-Repositorium]

Strohmeyer H (1906) Neue Untersuchungen über Biologie, Schädlichkeit und Vorkommen des Eichenkernkäfers, *Platypus cylindrus* var. *cylindriformis*.

Strohmeyer H (1907) Beiträge zur Kenntnis der Biologie von *Platypus* var.? *cylindriformis* Reitter. Entomologische Blätter 3: 65–69.

Swift M, Boddy L (1984) Animal-microbial interactions during wood decomposition. In: Anderson JM, Rayner ADM, Walton DWH (Eds) Invertebrate-microbe interactions. Cambridge University Press, Cambridge, 89–131.

Vanderpool D, Bracewell RR, McCutcheon JP (2018) Know your farmer: Ancient origins and multiple independent domestications

of ambrosia beetle fungal cultivars. Molecular Ecology 27: 2077–2094. https://doi.org/10.1111/mec.14394

Villemant C, Fraval A (1993) La faune entomologique du chêne-liège en forêt de la Mamora (Maroc). Ecologia Mediterranea 19(3–4): 89–98. https://doi.org/10.3406/ecmed.1993.1725

Wheeler QD (1986) Revision of the genera of Lymexylidae (Coleoptera, Cucujiformia). Bulletin of the AMNH 183: 2. http://hdl.handle.net/2246/960 [Accessed August 29, 2025]

Wonsack D, Thomas L (2021) Ein neuer Schädling an der Eiche! Nachweis der Eichennetzwanze (*Corythucha arcuata*) in Baden-Württemberg bestätigt. Waldschutz-Info 2021/04, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), Freiburg, 4 pp.

Wood SL, Bright DE (1992) A Catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera), Part 2: Taxonomic Index. Vol. B. Great Basin Naturalist Memoirs 13(2): 835–1557.

Wulf A, Kehr W [Eds] (1996) Eichensterben in Deutschland: Situation, Ursachenforschung und Bewertung; Symposium am 13. und 14. September 1995 bei der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt Göttingen = Oak decline in Germany - Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin und Braunschweig. Parey, Berlin, 157 pp.

Yamasaki M, Futai K (2008) Host selection by *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) before and after flying to trees. Applied Entomology and Zoology - Appl Entomol Zool 43: 249–257. https://doi.org/10.1303/aez.2008.249